



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Caracterització morfoagronòmica i físico-química d'una col·lecció de varietats tradicionals de tomàquet

Treball final de grau
Enginyeria de Sistemes Biològics

Autora: Noelia Tiriñena Guixà

Tutor: Joan Casals Missio

Juny - 2020

Agraïments

Per començar m'agradaria especialment donar les gràcies al meu tutor de treball, Joan Casals, per tota la ajuda, suport i paciència que m'ha brindat. De igual manera, agrair a tot l'equip de la Fundació Miguel Agustí-UPC, a ressaltar l'Elena, la Berta i el Dani, l'ajuda i el temps compartit. Ha sigut un plaer formar part d'aquest projecte de manera que gràcies per donar-me l'oportunitat.

Per últim, donar les gràcies a la Mireia i la Maria per tota l'ajuda, al meu gran amic Alex per tot l'esforç compartit, a l'Anna per escoltar-me sempre i a tota la meva família per, de forma incondicional com sempre, donar-me ànims i suport. Ha sigut un plaer, també, tenir-vos al meu costat en aquest camí.

Resum

Els bancs de germoplasma són estructures on s'emmagatzemen recursos fitogenètics per tal de conservar-los i evitar la seva desaparició. Per a que els bancs de germoplasma siguin útils aquests han de tenir informació suficient sobre els genotips emmagatzemats, una quantitat de llavor considerable i s'ha de mantenir la llavor amb capacitat de germinar, el que significa a efectes pràctics que s'ha de renovar periòdicament.

Aquest treball s'ha realitzat en el Banc de germoplasma de la Fundació Miquel Agustí-Universitat Politècnica de Catalunya (FMA-UPC) específicament, i majoritàriament, amb la col·lecció de varietats tradicionals de tomàquet d'amanir. L'objectiu del treball ha estat realitzar una caracterització agromorfològica de diferents varietats i regenerar-ne la llavor. S'ha treballat amb 47 genotips de 12 varietats diferents. Per a la caracterització s'han utilitzat 15 descriptors qualitius i 9 descriptors quantitius. Els resultats han estat analitzats mitjançant estadística descriptiva i anàlisi univariant i multivariant amb l'objectiu de trobar caràcters que diferenciïn les varietats i establir correlacions entre ells.

Els resultats han permès ampliar les dades de passaport de les entrades amb nova informació sobre caràcters agromorfològics i físico-químics. S'han identificat diferències significatives entre tots els genotips pels caràcters físico-químics estudiats, a excepció de la fermesa. L'estudi de correlacions entre els caràcters físico-químics ha permès identificar caràcters relacionats, destacant la correlació positiva entre pes i nombre de lòculs i la correlació negativa entre fermesa i sòlids solubles. Finalment, l'anàlisi multivariant ha mostrat com les variables qualitatives aporten una millor informació que les variables quantitatives estudiades per classificar les entrades en els diferents grups. Els resultats han permès documentar les relacions de similitud entre les varietats Montserrat i Pera de Girona, així com l'existència de genotips mal classificats en la base de dades del Banc de Germoplasma. Aquest treball contribueix, d'una banda a la conservació dels recursos fitogenètics de tomàquet, i d'una altra a la seva documentació.

Paraules clau tomàquet · diversitat genètica · recursos fitogenètics · banc de germoplasma

Resumen

Los bancos de germoplasma son estructuras donde se almacenan recursos fitogenéticos por tal de conservarlos y evitar su desaparición. Para que los bancos de germoplasma sean útiles, estos han de tener información suficiente sobre los genotipos almacenados, una cantidad de semillas considerable i se ha de mantener la semilla con capacidad de germinar, lo que significa que estas se han de renovar periódicamente.

El presente trabajo se ha realizado en el Banco de germoplasma de la Fundación Miquel Agustí-Universidad Politècnica de Catalunya (FMA-UPC), específicamente, y mayoritariamente, con la colección de variedades tradicionales de tomate del tipo ensalada. El objetivo del trabajo ha estado realizar una caracterización agromorfológica de diferentes variedades i regenerar la semilla. Se ha trabajado con 47 genotipos de 12 variedades diferentes. Para la caracterización se han utilizado 15 descriptores cualitativos i 9 descriptores cuantitativos. Los resultados han sido analizados mediante estadística descriptiva, análisis univariante y multivariante con el objetivo de encontrar caracteres que diferencien las variedades y definir correlaciones entre ellos.

Los resultados han permitido ampliar los datos de pasaporte de las entradas con nueva información sobre caracteres agromorfológicos i físico-químicos. Se han identificado diferencias significativas entre todos los genotipos para los caracteres físico-químicos estudiados, a excepción de la firmeza. El estudio de las correlaciones entre los caracteres físicoquímicos ha permitido identificar caracteres correlacionados, destacando la correlación positiva entre peso y número de lóculos o la correlación negativa entre firmeza y sólidos solubles. Finalmente, el análisis multivariante ha mostrado como las variedades cualitativas aportan más información que las variedades cuantitativas para clasificar las variedades en tipos varietales. Los resultados han permitido documentar las relaciones de similitud entre las variedades Montserrat y Pera de Girona, así como la existencia de genotipos mal clasificados en la base de datos del Banco de Germoplasma. Este trabajo contribuye, por un lado a la conservación de recursos filogenéticos de tomate, i por otro a su documentación.

Palabras clave tomate · diversidad genética · recursos filogenéticos · bancos de germoplasma

Abstract

Germplasm banks are structures that preserve seeds of plant genetic resources are stored with the aim of preserving them from genetic erosion. For germplasm banks to be useful they must have sufficient information about the stored genotypes, a considerable amount of seed and the seed with the ability to germinate must be maintained, which means for practical purposes that it must be renewed periodically.

This work has been carried out in the Germplasm Bank of the Miquel Agustí Foundation-Universitat Politècnica de Catalunya (FMA-UPC) specifically with the collection of traditional varieties of fresh market tomato. The aim of the work was to carry out an agromorphological characterization of different varieties and to regenerate the seed. 47 genotypes of 12 different varieties were studied. 15 qualitative descriptors and 9 quantitative descriptors were used for characterization. The results have been analyzed using descriptive statistics and univariate and multivariate analysis with the aim of finding traits that differentiate varieties and to establish correlations between them.

The results have allow to expand the passport data of the entries with new information about agromorphological and physic-chemical characters. Significant differences have been identified between all genotypes due to the physicochemical characteristics studied, except for firmness. The study of correlations between physicochemical characters has made it possible to identify related characters, highlighting the positive correlation between weight and number of loci and the negative correlation between firmness and soluble solids. Finally, multivariate analysis has shown how qualitative variables provide better information than the quantitative variables studied to classify varieties into varietal types. The results have made it possible to document the close relationships between the Montserrat and Pera de Girona varieties, as well as the existence of misclassified genotypes in the Germplasm Bank database. This work contributes, on the one hand, to the conservation of the phylogenetic resources of tomato, and, on the other hand, to their documentation.

Key words tomato · genetic diversity · phylogenetic resources · germplasm bank

Index

1.	Introducció	6
1.1.	Les varietats tradicionals de tomàquet	6
1.2.	La pèrdua de les varietats tradicionals i el fenomen de l'erosió genètica	7
1.3.	Bancs de germoplasma i conservació ex situ	8
1.4.	El Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí-UPC	10
1.5.	El projecte "Plataforma d'accés als recursos fitogenètics"	10
2.	Objectius.....	11
2.1.	Objectiu principal	11
2.2.	Objectius específics	11
3.	Materials i mètodes.....	12
3.1.	Material vegetal	12
3.2.	Disseny experimental	14
3.3.	Caràcters qualitius	15
3.4.	Caràcters quantitius	15
3.5.	Anàlisi estadística	16
3.6.	Regeneració de llavor	16
4.	Resultats i discussió	17
4.1.	Estudi dels caràcters quantitius	17
4.2.	Anàlisi del coeficient de correlació de Pearson dels caràcters quantitius	21
4.3.	Caràcters qualitius relacionats amb l'arquitectura de la planta	22
4.4.	Caràcters qualitius referents a la inflorescència	23
4.5.	Caràcters qualitius referents al fruit.....	24
4.6.	Anàlisi multivariant de variables quantitatives	27
4.7.	Anàlisi multivariant de variables qualitatives	28
4.8.	Comparativa entre els dos mètodes de classificació	30
4.9.	Regeneració de llavor	30
5.	Conclusions	31
6.	Referències	32

1. Introducció

1.1. Les varietats tradicionals de tomàquet

Les varietats tradicionals de tomàquet (*Solanum lycopersicum*) han estat aquelles que han evolucionat localment a partir de la selecció realitzada pels agricultors locals, seguint criteris d'adaptació a les condicions agroclimàtiques locals, a la gastronomia de cada zona i també a malalties i plagues (Bernal, 2014). Aquesta selecció ha seguit un model massal i ha originat la multiplicitat de varietats que coneixem actualment.

Aquestes varietats sovint presenten una gran heterogeneïtat intra-varietal (Terzopoulos et al., 2010) que proporciona una alta capacitat de resiliència (Bernal, 2014), característica important pels agricultors. L'heterogeneïtat és present en molts caràcters agronòmics i morfològics a la vegada que també es present en la qualitat organolèptica.

Els fruits procedents de diferents genotips d'una mateixa varietat poden diferir en atributs importants pel valor sensorial. Aquesta heterogeneïtat fa que, tot i que cada agricultor té únicament una línia pura de cada varietat tradicional, amb característiques pròpies i que es mantenen collita rere collita, entre agricultors poden haver-hi diferències significatives dins de la mateixa varietat (Casals, 2012).

En general els agricultors donen noms locals a les varietats tradicionals segons les característiques o adaptacions que ells observen o l'ús que en fan, com per exemple trets característics del fruit o de la forma com es conrea. Així trobem múltiples denominacions similars per a la mateixa varietat en diferents zones de conreu (Casals et al., 2012).

La raó per la qual les varietats modernes presenten una qualitat organolèptica i nutricional pobre és que els caràcters organolèptics tenen una herència poligènica i per tant, és complex mantenir-los. Una altra de les causes és que, a nivell genètic, el rendiment i la qualitat estan negativament correlacionats. A tots aquests factors, se li ha de sumar el fet que aquests caràcters han estat obviats en el disseny dels ideotips dels programes de millora (Casals et al., 2012).

A Catalunya existeixen nombroses varietats tradicionals de tomàquet (Fig. 1) que, a més, es troben associades a nombrosos plats de la nostra gastronomia. La nostra àrea és considerada com un centre de diversificació d'aquesta espècie i conserva un gran nombre de varietats tradicionals apreciades pels consumidors. De les varietats tradicionals catalanes en destaquen el tomàquet Montserrat, del tipus Marmande, el nom del qual provindria de la semblança dels trets morfològics del fruit amb el massís de Montserrat. Una altra varietat destacada seria el tomàquet de Penjar, que és conreat a gairebé tota Catalunya i a més presenta una llarga conservació postcollita (Casals et al., 2011). Altres varietats tradicionals conegudes són el tomàquet del Benach, típic de la zona del Camp de Tarragona; el tomàquet de l'Albercoc, conreat a l'Alt Camp, Baix Penedès i Conca de Barberà i les varietats Tres Cantos i Pometa que són més conreades al Maresme i a gran part de la província de Tarragona (Casals et al., 2012). Per altra banda, trobem que a la comarca de Girona es cultiva el tomàquet Pera de Girona (Casals et al., 2011) que és un tomàquet del tipus Marmande amb forma obovoide. A la Catalunya central, Bages i Osona, trobem el tomàquet Esquena Verd i el Pare Benet, i per acabar arribem a les terres de ponent on es poden trobar conreades les varietats Cirereta, Pereta, Redondeta i Maçaneta (Casals et al., 2012). Amb tota aquesta informació és impossible ignorar la gran diversitat de varietats tradicionals que es troben a Catalunya i que signifiquen un tresor genètic que s'ha de conservar.



Figura 1. Diversitat morfològica en les accessions de tomàquet conservades al Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí-UPC/Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Font: Projecte "Plataforma d'accés als recursos fitogenètics" de la Fundació Miquel Agustí-UPC.

Totes aquestes varietats tradicionals les trobem en forma de conreus de mitjana o petita extensió, en horts d'autoconsum o bé en forma de llavors conservades ex situ, i estan guardades pels propis agricultors o bé en bancs de germoplasma.

1.2. La pèrdua de les varietats tradicionals i el fenomen de l'erosió genètica

Des de principis del s. XX, en el camp de l'agronomia, es va produir un gran desenvolupament en l'àmbit de la millora genètica, on es van prioritzar, principalment, quatre aspectes a l'hora d'obtenir noves varietats d'espècies hortícoles: l'augment del rendiment, la millora de la resistència a plagues i malalties, la millora de les propietats nutricionals i una major conservació postcollita (Bai et al., 2017).

En conseqüència, es van generar varietats d'alt rendiment que no van trigar a substituir les varietats tradicionals fins aleshores conreades, reduint el gran nombre de varietats tradicionals a unes poques varietats modernes. Aquest fet ha provocat una important pèrdua de diversitat genètica, en molts casos irreversible (Esquinas-Alcázar, 2005), que és el que anomenem erosió genètica (Cubero, 2003), és a dir, la pèrdua de gens individuals o de combinacions de gens (FAO, 2010).

Tot i que cal reconèixer la importància de les varietats d'alt rendiment, puix que la productivitat del tomàquet ha augmentat entre el 1961 i el 2014 de 27.617.540 tones a 170.750.767 tones (FAOSTAT, n.d.) i que les varietats modernes s'adapten a la perfecció a les condicions d'agricultura massiva actual (Casals, 2012), les varietats millorades presenten alguns desavantatges. Un exemple és que són, generalment, híbrids (F1), el que significa que l'agricultor no podrà utilitzar la llavor després de la primera generació, per tant ha de comprar llavors noves cada vegada que sembra. Això suposa un cost més elevat que es veu compensat per l'increment del rendiment.

Durant les últimes dècades la preocupació dels investigadors del camp de la conservació de l'agrodiversitat ha augmentat considerablement a tot el món (Maxim et al., 2012). El 2010 s'estimava que el 95% de l'energia alimentària necessària al món depenia exclusivament de 30 conreus (FAO, 2010), fent que qualsevol afectació d'aquests 30 conreus poses en joc la seguretat alimentària. Per tot això, actualment, es considera fonamental conservar la màxima diversitat dels principals conreus i es tenen en compte les conseqüències negatives de la poca biodiversitat per als productors, en el cas que aparegui una nova plaga que afecti la varietat moderna produïda, i per als consumidors, que tindran menor oportunitat de triar

una varietat adient a les seves preferències (Rocchi et al., 2016).

En aquest sentit, actualment, és habitual la queixa per part dels consumidors, de la pèrdua de qualitat sensorial dels tomàquets. La majoria dels tomàquets que produeixen les varietats modernes són farinosos, amb poca dolçor, amb pell gruixuda i amb manca d'aromes. Cal recordar que la millora genètica s'ha centrat en altres aspectes que no pas, la qualitat organolèptica (Casals, 2012).

La base genètica de les varietats tradicionals de tomàquet és el resultat d'un llarg procés de selecció. Aquestes varietats han estat seleccionades al llarg del temps pels agricultors locals, com esmentàvem a l'apartat anterior. Aquests conreus tradicionals presenten, en general, una excel·lent qualitat organolèptica, encara que l'aspecte del fruit, la seva uniformitat i la resistència de la planta a patògens siguin deficientes en molts casos (Nuez, 1995).

La zona del mediterrani és considerada un centre de diversitat pel que fa al tomàquet (Figàs et al., 2015). La major part de la producció a Espanya es realitza al sud de la península (Andalusia, Extremadura i Múrcia), on les condicions agroclimàtiques són més favorables pel desenvolupament del conreu. En aquestes àrees, el rendiment i els costos de producció associats al conreu del tomàquet són menors que a la resta de comunitats autònomes. En aquest context, a Catalunya, entre altres llocs d'Espanya, s'intenten desenvolupar estratègies per diferenciar les produccions locals respecte a les que es fan en aquestes àrees d'alt rendiment. L'estratègia principal és diferenciar-se per qualitat (organolèptica o nutricional), atenent que difícilment es pot competir en costos de producció. A més, s'ha de tenir en compte que en molts casos els consumidors valoren el fet que una varietat sigui tradicional, sense tenir en compte cap altra característica (Casals et al., 2011).

La diversitat intra-espècie és molt important perquè permet que una mateixa espècie sigui conreada en diferents condicions tant de clima com de sòl (FAO, 2010). També és important tenir en compte que una varietat considerada com a "no útil" en el moment actual, en el futur ens podria aportar resistència a condicions del clima adverses o a noves plagues (Lachat et al., 2018). Hem de tenir en compte que l'agricultura actual no té un mecanisme de seguretat com el que aporta la diversitat de les varietats tradicionals i que ha trigat milions d'anys a construir-se (Esquinas-Alcázar, 2005).

La importància de la conservació i l'ús sostenible dels recursos genètics no només rau a evitar l'extinció de les espècies, sinó que l'objectiu principal ha de ser conservar i utilitzar tota la diversitat possible de cada espècie (Esquinas-Alcázar, 2005).

1.3. Bancs de germoplasma i conservació ex situ

La pèrdua de material fitogenètic causada per la substitució de les varietats tradicionals per les modernes, comentada en l'apartat anterior, s'ha mitigat durant els últims anys gràcies a la utilització de bancs de germoplasma on aquest material es conserva (Figàs et al., 2015).

L'emmagatzematge de material en forma de llavor és un dels mètodes de conservació ex situ més estès i valuós. En els darrers 30 anys, agències i institucions implicades en la conservació de recursos fitogenètics han incrementat el seu coneixement en aquest camp. Els bancs de llavors presenten avantatges considerables respecte a altres mètodes de conservació ex situ, com els vivers, per la facilitat d'emmagatzematge, l'economia de l'espai, la poca demanda de mà d'obra i, per tant, la capacitat de mantenir grans mostres a un cost econòmicament viable.

Una bona caracterització, avaluació, documentació i catalogació de les varietats és necessària per permetre l'ús efectiu del material fitogenètic (Esquinas-Alcázar, 2005).

Malauradament, en moltes ocasions les entrades dels bancs no compten amb cap d'aquesta informació, és incompleta o poc fiable, fet que dificulta l'ús de les llavors emmagatzemades (Hodgkin et al., 2003). A més, els bancs de germoplasma presentaven també altres limitacions, com per exemple la baixa taxa de germinació a causa d'un emmagatzematge

en males condicions.

Temps enrere, els bancs van ser qüestionats per que no se'n treia un profit directe. No tot el material vegetal té la mateixa demanda d'ús, són més utilitzades les col·leccions de vegetals que no pas les de cereals, per exemple. Però cal tenir en compte, que un cop s'ha començat a invertir en estudis sobre germinació i sobre les pròpies varietats, les llavors emmagatzemades en els bancs han resultat crucials. Aquests estudis han revitalitzat els bancs, n'han augmentat la informació disponible i han derivat en un major ús d'aquests. Actualment, el principal ús al que es destinen els materials dels bancs de gens és per a la investigació per obtenir noves varietats amb resistència a noves malalties.

Existeix un risc que amb el pas del temps aquestes varietats tradicionals considerades a grans trets poc eficients acabin desapareixent, ja bé perquè es perdi l'ús d'aquestes varietats, que és un dels aspectes que més influiria en la seva desaparició, o bé pel fet que els agricultors catalans no en sàpiguin de l'existència d'alguna d'aquestes varietats, o d'algun genotip en concret, i les seves característiques.

Per tal que el material fitogenètic que volem conservar a curt, mitjà o llarg termini no es faci malbé, s'ha d'analitzar l'estat de les llavors. Això es fa avaluant la qualitat de la llavor i realitzant un estudi en profunditat de la germinació de l'espècie a emmagatzemar (Al-Turki et al., 2017; Godefroid et al., 2010). Les Normes Internacionals per als bancs de gens recomanen que la viabilitat de les llavors es determini abans de l'emmagatzematge al banc de gens i que es facin controls periòdics (Gairola et al., 2019). Tanmateix, els intervals de control depenen de diversos factors, com ara l'espècie, la viabilitat de les llavors a l'inici de l'emmagatzematge i les condicions d'emmagatzematge (temperatura, humitat...). Aquests intervals es revisaran també en funció dels resultats obtinguts en les regeneracions prèvies (Sinicio et al., 2009). Una bona pràctica d'un banc de germoplasma seria que el material fitogenètic s'ha de renovar i regenerar quan la viabilitat d'aquest sigui menor del 85% i/o quan la quantitat de material sigui inferior a 100 g en emmagatzematges a mig termini (Daniel et al., 2014).

És curiós que a nivell mundial la majoria del material s'obté de països "en desenvolupament", mentre que majoritàriament s'utilitza a països "desenvolupats".

A nivell global el banc de germoplasma més important seria el *Svalbard Global Seed Vault* (Banc Mundial de Llavors de Svalbard) que és un magatzem subterrani enorme que conté milers de llavors de tot el món i és situat a Noruega.

A Espanya trobem varies comunitats autònomes on també es conserven varietats tradicionals de tomàquets endèmics en bancs de germoplasma. A continuació parlarem de les tres més importants.

A Aragó trobem el banc de germoplasma del CITA (Centre d'Investigació i Tecnologia Agroalimentaria) que compta amb 3.850 entrades de tomàquet, de les quals 2.400 són duplicats d'altres bancs de germoplasma i les restants són varietats tradicionals pròpies. D'aquestes, només 226 compten amb una descripció detallada (Carravedo, 2006).

Un altre banc de germoplasma important és el Centre de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (CCMAV) que compta amb 1.543 entrades de varietats de tomàquets, a més d'un catàleg publicat amb informació relativa a aquestes entrades (Nuez et al., 1996).

Finalment, també cal esmentar NEIKER, un banc de germoplasma situat al País Basc que compta amb 94 varietats locals de tomàquets, caracteritzades morfològicament i amb dades de passaport (Miguel Carravedo et al., 2005).

Aquí a Catalunya comptem amb el banc de llavors del Consorci SIGMA a la Garrotxa; el banc de germoplasma de garrofer, avellaner i noguer de l'IRTA; el banc de llavors tradicionals del Vallès Oriental, que és un espai físic ubicat al Museu de Ciències Naturals de Granollers; l'Esporus, que és el centre de conservació de la biodiversitat cultivada pertanyent a l'Escola Agrària de Manresa; Arboreco, viver de varietats tradicionals d'arbres

fruiters (Consell Comarcal del Baix Empordà, n.d.); el Jardí Botànic de Barcelona i el banc de llavors de la Fundació Miquel Agustí-UPC, amb el qual estem treballant en aquest projecte.

1.4. El Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí-UPC

Un dels àmbits en els quals treballa la Fundació Miquel Agustí-UPC, un centre de recerca, és en contribuir a la conservació de l'agrobiodiversitat catalana. Això ho fa mitjançant diferents programes de col·lecta de germoplasma arreu del territori català i a través també d'estratègies de conservació ex situ de les varietats tradicionals catalanes.

El Banc de Germoplasma de la FMA-UPC és una construcció on es conserven les llavors de les varietats tradicionals cedides pels agricultors catalans. És una col·lecció viva que serveix com a base dels diferents programes de recuperació i millora de les varietats tradicionals catalanes i que garanteix que la llavor sigui disponible en un futur pel conjunt de la societat catalana.

D'aquesta manera, la Fundació treballa per a impulsar estratègies innovadores per posar a disposició de la societat els recursos fitogenètics. Un exemple d'això seria el servei de préstec de llavors creat a la biblioteca de la Universitat Politècnica de Catalunya, vigent actualment, o el projecte de regeneració de material fitogenètic del banc de germoplasma, al qual aquest treball contribueix.

1.5. El projecte "Plataforma d'accés als recursos fitogenètics"

El projecte demostratiu "Plataforma d'accés als recursos fitogenètics tradicionals, ús de l'agrobiodiversitat en agricultura productiva" el porta a terme la Fundació Miquel Agustí-UPC.

El principal objectiu del projecte és fomentar l'accés dels agricultors als recursos fitogenètics emmagatzemats al Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí-UPC, a la vegada que busca ampliar la informació científica associada als materials.

La intenció del projecte és transformar el Banc de Germoplasma en una col·lecció oberta de recursos fitogenètics que serveixi de base als productors per crear produccions agrícoles de qualitat. La quantitat de llavors disponible de cada varietat actua com a factor limitant a l'hora d'obrir la llibreria als agricultors. Amb aquest motiu, el 2018 es va fer un assaig per tal de multiplicar el nombre de llavors d'una col·lecció de varietats tradicionals de tomàquet de Penjar, i l'any 2019, com a part d'aquest treball, es va dur a terme la multiplicació de llavors del tomàquet, majoritàriament, d'amanir, caracteritzat per produir fruits grans, fermes i amb lòculs buits (Mazzucato et al., 2010), i també es va fer una tasca de caracterització d'aquests genotips.

De manera que aquest treball forma part d'una sèrie de treballs realitzats a partir de projectes del centre de recerca FMA-UPC, enfocats a la conservació del material fitogenètic i a la investigació en el camp de l'agronomia. Els treballs més recents relacionats amb la FMA-UPC serien els següents: Amargant, M. (2017), Bernal, M. J. (2014), Isern, H. (2017), Barber, M. (2016) i Termes, B. (2016).

La meua contribució a aquest projecte consisteix en la caracterització dels genotips i l'anàlisi de les dades, a la vegada que he dut a terme de manera col·laborativa l'extracció de llavors. La part del projecte que s'ha dut a terme de forma, majoritàriament, independent per la Fundació Miquel Agustí-UPC és la gestió del conreu experimental.

2. Objectius

2.1. Objectiu principal

L'objectiu principal del projecte és contribuir a la conservació ex situ de les varietats tradicionals de tomàquet catalanes, mitjançant la regeneració del material emmagatzemat al Banc de Germoplasma de la FMA, així com mitjançant la seva caracterització agromorfològica i físico-química per tal de millorar les dades de passaport dels materials.

2.2. Objectius específics

Per tal d'arribar a aquest objectiu principal s'han definit els següents objectius específics:

- I. Regenerar, per autofecundació, la llavor de les varietats estudiades.
- II. Caracteritzar a nivell agronòmic, morfològic i químic una col·lecció de 47 genotips que pertanyen a 12 varietats tradicionals de tomàquet.
- III. Analitzar les dades i avaluar el potencial dels caràcters qualitius i quantitatius per classificar els tipus varietals.

3. Materials i mètodes

3.1. Material vegetal

En aquest treball s'han estudiat quaranta-set genotips de varietats tradicionals de tomàquet. Les entrades, que corresponen cada una a un genotip diferent i és refereixen a entrades del banc de germoplasma, pertanyen a dotze tipus varietals: Benach (1 entrada), Marmande (1 entrada), Montserrat (17 entrades), Muchamiel (2 entrades), Palosanto (2 entrades), Pebrot (1 entrada), Penjar (1 entrada), Pera de Girona (16 entrades), Pomodoro di Sorrento (1 entrada), Raf (1 entrada), Rosa (3 entrades) i Tres cantos (1 entrada). Podem veure informació relacionada amb els tipus varietals treballats a la Taula 1. Aquestes entrades han estat seleccionades, a causa de la necessitat de regenerar-se'n la llavor, dins del Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí-UPC/Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Tota la informació prèvia sobre els genotips ha estat proporcionada per la Fundació Miquel Agustí-UPC. A la Figura 2 trobem una fotografia d'un genotip per cada tipus varietal estudiat en aquest treball.

Taula 1. *Material vegetal utilitzat a l'estudi. L'origen del material és del banc de germoplasma de la Fundació Miquel Agustí-UPC/Escola Superior d'Agricultura de Barcelona.*

Codi entrada	Tipus varietal	Codi entrada	Tipus varietal
FMA105	Pera de Girona	LC0201	Montserrat
FMA174	Benach	LC0202	Pera de Girona
FMA213	Palosanto	LC0204	Pera de Girona
LC0104	Pera de Girona	LC0003	Penjar
LC0112	Rosa	LC0324	Pera de Girona
LC0142	Pera de Girona	LC0328	Pera de Girona
LC0143	Montserrat	LC0033	Montserrat
LC0145	Pera de Girona	LC0004	Montserrat
LC0146	Pera de Girona	LC0040	Montserrat
LC0150	Pera de Girona	LC0413	Tres cantos
LC0152	Montserrat	LC0056	Montserrat
LC0154	Pera de Girona	LC0006	Montserrat
LC0156	Pomodoro di Sorrento	LC0069	Montserrat
LC0161	Pera de Girona	LC0071	Rosa
LC0162	Pera de Girona	LC0073	Montserrat
LC0167	Pera de Girona	LC0074	Rosa
LC0175	Montserrat	LC0075	Montserrat
LC0178	Montserrat	LC0083	Palosanto
LC0183	Montserrat	LC0087	Marmande
LC0187	Montserrat	LC0900	Muchamiel
LC0189	Pera de Girona	LC0091	Muchamiel
LC0198	Pera de Girona	LC0093	Raf
LC0199	Montserrat	LC0094	Pebrot
LC0200	Montserrat		

Benach – FMA174



Marmande – LC0087



Montserrat – LC0075



Muchamiel – LC0091



Palosanto – FMA213



Pebrot – LC0094



Penjar – LC0003



Pera de Girona – LC0204



Pomodoro di Sorrento – LC0156



Raf – LC0093



Rosa – LC0071



Tres cantos – LC0413



Figura 2. Imatges del fruit sencer i les seccions longitudinals i transversals de cada tipus varietal avaluat. La sèrie de figures mostrades a continuació no estan dissenyades per fer una comparació de mides, per tal tasca es recomana fixar-se en el pes mostrat als annexos.

3.2. Disseny experimental

L'assaig s'ha dut a terme a Agròpolis, Parc UPC, situat al municipi de Viladecans (Baix Llobregat), a la província de Barcelona (coordenades UTM: 41°17'19.8"N 2°02'43.4"E).

El cultiu va ser plantat el 8 d'abril del 2019 i va transcórrer fins al 7 d'agost de 2019. L'experiment va constar de dos blocs amb una distribució aleatòria de cada un dels genotips, cadascun representat per sis plantes. Les plantes es van disposar de forma vertical lligades amb cinta adhesiva a una canya de forma individual.

El maneig del conreu de la parcel·la experimental va seguir les indicacions de la producció integrada. El conreu es va realitzar seguint les pràctiques habituals de conreu a la zona, amb encoixinat plàstic pel control d'herbes adventícies i infraestructura de reg localitzat (cintes de degoteig) per l'aplicació de fertirrigació. Els fungicides utilitzats van ser Cuprevel, Ridomil i Byfidan mentre que els insecticides van ser Altacor, Spintor i Bacillus thuringiensis. Els acaricides utilitzats van ser sofre en pols i Oberone.

El reg va consistir en un primer reg de 2 hores seguit d'una setmana aproximadament sense regar. En la fase de creixement es van realitzar dos regs setmanals d'una hora. En la fase de fructificació i quallat es va realitzar un increment gradual a partir dels tensiòmetres, no deixant que superés els 20 kPa a 40 cm de profunditat, utilitzant un tensiòmetre Irrometer de la marca Copersa. Per últim, a la fase de producció els regs van ser a partir de tensiòmetres iniciant el reg a 15 kPa a 40 cm de profunditat. Aquest van ser d'una durada de 45-60 min al dia.

A continuació es mostra en la Figura 3 la temperatura diària mitjana i humitat relativa mitjana diària durant el conreu com a condicions experimentals del treball.

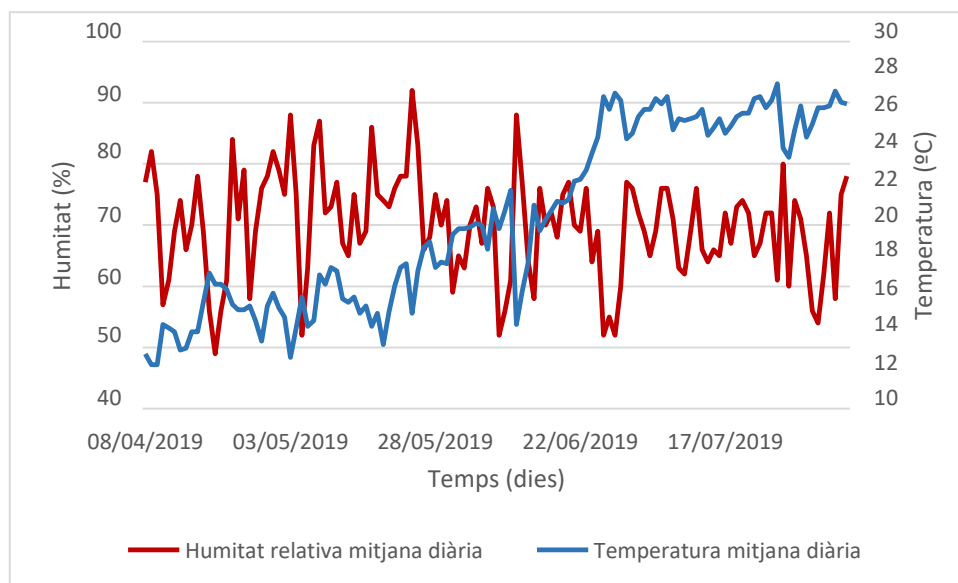


Figura 3. Com a condicions experimentals: temperatura i humitat relativa mitjanes durant el conreu.

3.3. Caràcters qualitatius

El procés de fenotipat dels caràcters es va realitzar en el moment en què els fruits estaven madurs. Es van avaluar els caràcters referents a l'arquitectura de la planta, a les inflorescències i al fruit. A la Taula 2 apareixen detallats tots els caràcters qualitatius amb els descriptors utilitzats. Aquests caràcters van ser escollits per ser els majoritàriament trobats a la bibliografia (entre ells treballs similars esmenats a la introducció i portats per la FMA-UPC) i seguint les recomanacions del equip experimentat de la FMA-UPC.

Taula 2. *Descriptors qualitatius de l'estudi i valors de l'escala descriptiva utilitzats.*

Descriptors	Escala/Unitat
Descriptors referents a l'arquitectura de la planta	
Tipus de creixement	1=Determinat; 2=Semi determinat; 3=Indeterminat
Dist. Entre inflorescències	1=Baixa; 2=Moderada; 3=Alta
Descriptors referents a les inflorescències	
Organització	1=Espina de peix; 2=Regular; 3=Irregular; 4=Molt irregular; 5=Compost
Creixement vegetatiu	1=Sense creixement; 2=Present; 3=Present i vigorós
Posició de l'estil	1=Insert; 2=Mateix nivell estams; 3=Exsert
Descriptors referents al fruit	
Forma	1=Rodona; 2=Rectangular; 3=Plana; 4=Ovoide; 5=Cor; 6=Allargat
Mida	1=Cherry; 2=Penjar; 3=Intermedi; 4=Gran
Homogeneïtat	1=Baixa; 2=Moderada; 3=Alta
Color extern	1=Groc; 2= Taronja; 3=Vermell; 4=Rosa
Espatlla verda	1=Maduració uniforme; 2=Verd clar; 3=Verd intens
Estat dels lòculs	1=Buit; 2=Ple
Fermesa	1=Suau; 2=Mitjana; 3=Ferm
Fasciació	1=Sense fasciació; 2=Fasciat; 3=Ultra fasciat
Quallat	1=Escàs; 2=Moderat; 3=Alt
Forma de l'espalla	1=Pla; 2=Depressiu

3.4. Caràcters quantitius

L'estudi quantitatiu dels caràcters morfològics i químics del fruit es va realitzar sobre fruits collits a l'estadi de maduresa completa, recol·lectats durant els mesos de juliol i agost. De cada entrada es va recol·lectar el màxim nombre de fruits, per tal de disposar de material vegetal suficient per fer la regeneració de llavor i obtenir les dades de caracterització. Els fruits es processaven l'endemà del dia de la col·lecta al laboratori de preparació de mostres vegetals de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Fins al moment de l'anàlisi es conservaven en cambra frigorífica (6 °C). Es van realitzar tres repeticions per genotip.

Els caràcters quantitius avaluats van ser el pes, mesurat amb una balança de precisió de 0.00 g; el nombre de lòculs, avaluat sobre la secció transversal; la fermesa, mesurada amb un duròmetre (Agrosta Durofel, Compainville, França) i expressat en percentatge; els sòlids solubles (SSC), avaluats en graus Brix obtinguts mitjançant un refractòmetre Erma; i per acabar el color, avaluat a la secció equatorial de cada fruita amb un colorímetre (Konica

Minolta CR-410, Minolta, Osaka, Japó) i es va expressar com a coordenades L^* , indica la lluminositat del color del fruit; a^* , indica les coordenades vermell/verd del color, quan és positiu indica vermell i quan és negatiu indica verd; i b^* , indica les coordenades groc/blau, el positiu indica groc i el negatiu indica blau, des de l'espai de color CIELAB i amb Chroma, saturació, i Hue, l'angle de matís i expressat en graus, pel model Intensity. De igual manera que amb els caràcters qualitatius, aquests van ser escollits per ser els majoritàriament trobats a la bibliografia (entre ells treballs similars esmenats a la introducció i portats per la FMA-UPC) i seguint les recomanacions del equip experimentat de la FMA-UPC.

Una vegada totes aquestes anàlisis van ser realitzades, es van efectuar un mínim de tres fotografies per genotip on es va mostrar una imatge del fruit sencer, una de la secció longitudinal i una de la secció transversal.

3.5. Anàlisi estadística

Les dades van ser analitzades estadísticament amb els softwares SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows) i ClustVis (<https://biit.cs.ut.ee/clustvis/>). Per identificar agrupacions entre materials, les dades qualitatives i quantitatives es van analitzar, per separat, mitjançant el procediment de Hierarchical Clustering, emprant l'eina web ClustVis. Aquesta anàlisi es va representar amb una gràfica tipus Heatmap. Les dades qualitatives es van analitzar mitjançant el càlcul de les distàncies euclidianes, mentre que les dades quantitatives es van analitzar mitjançant l'estudi de correlacions sobre les dades prèviament tipificades. Les dades quantitatives van ser avaluades mitjançant tècniques d'anàlisi univariant (ANOVA), emprant el mètode de Student-Newman-Keuls per la separació de mitjanes en casos en què existia significació estadística ($p < 0.05$) i bivariant (coeficient de correlació de Pearson).

Finalment, per veure si la varietat determina algun dels caràcters qualitatius estudiats es va provar d'agrupar els genotips per grups varietals. Malauradament, les diferents varietats no compten amb la mateixa representació al banc de germoplasma i no permeten fer un estudi balancejat (igual número d'entrades per cada varietat). Aquest fet és comú en els bancs de germoplasma, com també s'esmenta en Termes (2016). Per aquest motiu, els genotips es van dividir en 3 grups: un format per les entrades Montserrat, un altre per Pera de Girona, i l'últim amb la resta d'entrades corresponents a 10 tipus varietals diferents. Els caràcters qualitatius, un cop agrupats, s'han estudiat mitjançant gràfiques de freqüències.

3.6. Regeneració de llavor

La regeneració de la llavor es va dur a terme en el mateix laboratori on es va realitzar l'estudi dels caràcters quantitativs i va consistir en extreure manualment la llavor del tomàquet, utilitzant un colador i abundant aigua, netejar-les amb trisodi fosfat (Na_3PO_4) i lleixiu per després col·locar-les sobre uns papers absorbents creant una fina capa de llavors evitant que aquestes es toquessin, per tal de que s'assequessin.

4. Resultats i discussió

4.1. Estudi dels caràcters quantitius

L'estudi dels caràcters quantitius va revelar que hi ha diferències significatives entre entrades per tots els caràcters a excepció del caràcter fermesa (Taules 3, 4 i 5), que no presenta diferències significatives entre genotips.

El caràcter que presenta majors diferències entre genotips és el HUE, presentant 9 grups de significació diferents, mentre que el que en presenta menys, obviant la fermesa que no en presenta cap, són els sòlids solubles (SSC), que només presenta 3 grups diferents.

En l'actualitat ha sorgit un interès pels genotips amb pesos alts a causa de que estan associats a varietats tradicionals i al seu alt grau de qualitat (Figàs et al., 2015). A la nostra col·lecció aquest caràcter presenta un rang de variació de 83,4 a 385,1 g, valors similars a altres publicats a la literatura (Maxim et al., 2012) on s'observa que les varietats tradicionals presenten una alta heterogeneïtat inter-varietal en aquest caràcter. El genotip amb un pes més baix és el LC3, corresponent a un tipus varietal de Penjar. En canvi, el genotip amb el pes més alt és un de tipus Montserrat (LC6). Existeix una petita diferència entre els pesos del tomàquet de Montserrat i Pera Girona. El genotip amb menys pes de Montserrat presenta 101,6 g mentre que el de Pera de Girona presenta un pes de 145,9 g. Els genotips de Montserrat presenten una distribució més dispersa mentre que els de Pera de Girona presenten una desviació estàndard menor, tot i així, les mitjanes dels dos tipus varietals són pràcticament iguals.

El rang de variació de la variable núm. de lòculs és de 2,3-11,7. El genotip amb el núm. de lòculs més baix és LC3, del tipus de penjar, essent el mateix genotip que presenta el pes més baix. El màxim per aquest caràcter és el genotip LC112 del tipus Rosa. Aquest genotip presenta una mitjana de 11,7 lòculs per tomàquet i presenta una diferència de més de dos lòculs respecte al següent. Els tomàquets del tipus Montserrat tendeixen a presentar menys lòculs que Pera de Girona.

La fermesa presenta un rang d'entre 51,2% i 79,5%, essent el mínim un genotip de la varietat Montserrat, LC199, i el màxim un del tipus Rosa, LC74. A la literatura les varietats tradicionals acostumen a presentar fermeses baixes (Amargant, 2017), contràriament a les obtingudes en aquest treball doncs s'observen genotips amb fermeses de gairebé 80%. Els genotips corresponents a Montserrat presenten una distribució cap a uns percentatges de fermesa més alts en comparació amb els de Pera de Girona.

Taula 3. Mitjanes del pes, número de lòculs i de la fermesa amb els consegüents grups de significació (indicats per lletres) segons el test SNK. A la part inferior de la taula es presenta la significació del factor genotip. Els tipus varietals són indicats mitjançant: Benach (b), Marmande (ma), Montserrat (mo), Muchamiel (mu), Palosanto (pa), Pebrot (pe), Penjar (pr), Pomodoro di sorrento (po), Pera de Girona (pg), Raf (ra), Rosa (ro) i Tres cantos (t).

Genotip	Pes (g)	Genotip	Núm. lòculs	Genotip	Fermesa (%)
LC3 (pr)	83,4 d	LC3 (pr)	2,3 f	LC199 (mo)	51,2 a
LC74 (ro)	91,1 d	LC4 (mo)	2,7 f	LC71 (ro)	51,3 a
LC4 (mo)	101,1 cd	LC94 (pe)	2,7 f	FMA105 (pg)	51,7 a
LC413 (t)	104,0 cd	LC187 (mo)	3,0 f	LC142 (pg)	52,3 a
LC73 (mo)	108,9 cd	LC143 (mo)	3,7 ef	LC162 (pg)	53,7 a
LC75 (mo)	120,1 cd	LC56 (mo)	3,7 ef	LC93 (ra)	53,7 a
LC199 (mo)	121,7 cd	FMA174 (b)	4,0 def	LC183 (mo)	54,0 a
LC94 (pe)	124,3 cd	LC145 (pg)	4,0 def	LC202 (pg)	54,3 a
LC33 (mo)	135,8 cd	LC413 (t)	4,0 def	LC87 (ma)	54,3 a

Taula 3 - Continuació.

LC156 (po)	136,6	cd	LC73 (mo)	4,0	def	LC104 (pg)	54,7	a
LC142 (pg)	142,9	cd	LC150 (pg)	4,3	cdef	LC150 (pg)	55,0	a
LC154 (pg)	143,8	cd	LC152 (mo)	4,3	cdef	LC413 (t)	55,8	a
LC178 (mo)	148,8	cd	LC199 (mo)	4,3	cdef	LC178 (mo)	56,5	a
LC162 (pg)	153,7	cd	LC74 (ro)	4,3	cdef	LC4 (mo)	56,5	a
LC104 (pg)	154,0	cd	FMA213 (pa)	4,7	bcdef	FMA174 (b)	57,0	a
FMA174 (b)	156,1	bcd	LC178 (mo)	4,7	bcdef	LC33 (mo)	57,2	a
LC143 (mo)	162,1	bcd	LC201 (mo)	4,7	bcdef	LC145 (pg)	57,2	a
LC200 (mo)	165,9	bcd	LC202 (pg)	4,7	bcdef	LC204 (pg)	58,3	a
LC202 (pg)	169,9	bcd	LC6 (mo)	4,7	bcdef	LC200 (mo)	58,5	a
FMA213 (pa)	174,6	bcd	LC142 (pg)	5,0	bcdef	LC198 (pg)	59,0	a
LC204 (pg)	175,2	bcd	LC162 (pg)	5,0	bcdef	LC112 (ro)	59,8	a
LC87 (ma)	176,9	bcd	LC175 (mo)	5,0	bcdef	LC154 (pg)	60,7	a
LC198 (pg)	177,6	bcd	LC154 (pg)	5,3	bcdef	LC69 (mo)	60,7	a
LC189 (pg)	178,2	bcd	LC204 (pg)	5,3	bcdef	LC40 (mo)	60,8	a
LC83 (pa)	178,8	bcd	LC328 (pg)	5,3	bcdef	LC146 (pg)	61,2	a
LC328 (pg)	182,1	bcd	LC33 (mo)	5,3	bcdef	FMA213 (pa)	62,3	a
LC187 (mo)	184,3	bcd	LC75 (mo)	5,3	bcdef	LC324 (pg)	64,7	a
LC150 (pg)	196,3	bcd	LC40 (mo)	5,7	bcdef	LC94 (pe)	65,2	a
LC56 (mo)	196,6	bcd	LC198 (pg)	5,7	bcdef	LC83 (pa)	66,0	a
LC145 (pg)	199,4	bcd	LC83 (pa)	5,7	bcdef	LC75 (mo)	66,8	a
LC91 (mu)	210,4	abcd	LC189 (pg)	6,0	bcdef	LC3 (pr)	67,2	a
LC40 (mo)	220,3	abcd	LC146 (pg)	6,7	bcdef	LC328 (pg)	67,5	a
LC152 (mo)	221,6	abcd	LC161 (pg)	6,7	bcdef	LC175 (mo)	67,8	a
LC324 (pg)	223,3	abcd	LC200 (mo)	6,7	bcdef	LC167 (pg)	68,0	a
LC69 (mo)	239,8	abcd	LC324 (pg)	6,7	bcdef	LC6 (mo)	68,0	a
LC93 (ra)	244,7	abcd	LC69 (mo)	6,7	bcdef	LC156 (po)	68,7	a
LC167 (pg)	247,0	abcd	LC71 (ro)	6,7	bcdef	LC187 (mo)	69,2	a
LC900 (mu)	250,2	abcd	LC104 (pg)	7,0	bcdef	LC201 (mo)	69,2	a
FMA105 (pg)	257,2	abcd	LC156 (po)	7,0	bcdef	LC189 (pg)	69,5	a
LC175 (mo)	263,1	abcd	FMA105 (pg)	7,3	bcdef	LC161 (pg)	71,2	a
LC71 (ro)	268,2	abcd	LC167 (pg)	8,0	abcde	LC91 (mu)	71,3	a
LC161 (pg)	270,1	abcd	LC183 (mo)	8,0	abcde	LC152 (mo)	73,0	a
LC201 (mo)	273,3	abcd	LC900 (mu)	8,7	abcd	LC73 (mo)	73,3	a
LC146 (pg)	276,1	abcd	LC87 (ma)	9,0	abc	LC900 (mu)	74,2	a
LC183 (mo)	303,8	abc	LC91 (mu)	9,0	abc	LC56 (mo)	74,7	a
LC112 (ro)	353,1	ab	LC93 (ra)	9,3	ab	LC143 (mo)	77,3	a
LC6 (mo)	385,1	a	LC112 (ro)	11,7	a	LC74 (ro)	79,5	a
Sig.		<0.001	Sig.		<0.001	Sig.		0.05

El rang de variació dels sòlids solubles és de 3,3 °Brix a 6,1 °Brix. El mínim és un genotip del tipus Montserrat, LC73, i el màxim del tipus Pera de Girona, LC104. Els sòlids solubles estan molt relacionats amb el gust dolç del tomàquet, de manera que tenir una proporció de sòlids solubles alta ens indicaria que el sabor d'aquest genotip serà més agradable al gust (Mercadal, 2016). Entre Montserrat i Pera de Girona no s'observen diferències importants per a aquest caràcter, i en general tots els genotips presenten valors alts (> 4,5 °Brix).

El rang de variació del valor de L* és de 36,7 (LC413) a 52,1 (LC900). Per aquest caràcter tampoc s'observen diferències importants entre els genotips del tipus varietal Montserrat i Pera de Girona.

Tots els valors de a* són positius de manera que s'entén que tots els fruits són més vermells

que verds. El rang de variació per aquest caràcter és de 2,2 a 30,7. El genotip amb menys color vermell és LC900 del tipus Muchamiel i el que més el LC70 del tipus Montserrat. Pera de Girona presenta una petita diferència respecte Montserrat presentant uns colors lleugerament més vermells.

Taula 4. Mitjanes dels SSC, L i a amb els consegüents grups de significació (indicats per lletres) segons el test SNK. A la part inferior de la taula es presenta la significació del factor genotip. Els tipus varietals són indicats mitjançant: Benach (b), Marmande (ma), Montserrat (mo), Muchamiel (mu), Palosanto (pa), Pebrot (pe), Penjar (pr), Pomodoro di sorrento (po), Pera de Girona (pg), Raf (ra), Rosa (ro) i Tres cantos (t).

Genotip	SSC (°)	Genotip	L	Genotip	A
LC73 (mo)	3,3 c	LC413 (t)	36,7 e	LC900 (mu)	2,2 e
LC33 (mo)	3,9 bc	LC200 (mo)	36,8 e	LC33 (mo)	17,8 d
LC74 (ro)	4,0 bc	FMA105 (pg)	37,0 e	LC112 (ro)	18,0 d
LC71 (ro)	4,1 bc	LC150 (pg)	37,4 e	LC6 (mo)	18,2 cd
LC900 (mu)	4,1 bc	LC75 (mo)	37,5 e	LC161 (pg)	18,6 cd
LC167 (pg)	4,1 bc	LC3 (pr)	37,7 e	LC328 (pg)	19,1 bcd
LC91 (mu)	4,1 bc	FMA213 (pa)	37,7 e	LC199 (mo)	19,4 bcd
LC175 (mo)	4,2 bc	LC87 (ma)	38,1 e	LC4 (mo)	19,7 bcd
LC189 (pg)	4,2 bc	LC199 (mo)	38,5 de	LC162 (pg)	19,8 bcd
LC87 (ma)	4,3 bc	LC152 (mo)	38,6 de	LC200 (mo)	20,1 bcd
FMA174 (b)	4,3 bc	LC145 (pg)	38,8 de	LC93 (ra)	20,4 bcd
LC112 (ro)	4,4 bc	FMA174 (b)	38,8 de	LC413 (t)	20,5 bcd
LC143 (mo)	4,4 bc	LC187 (mo)	38,9 de	LC91 (mu)	20,7 bcd
LC161 (pg)	4,4 bc	LC69 (mo)	38,9 de	FMA105 (pg)	20,8 bcd
LC40 (mo)	4,5 bc	LC162 (pg)	39,0 de	LC204 (pg)	20,9 bcd
LC154 (pg)	4,5 abc	LC198 (pg)	39,1 de	LC143 (mo)	20,9 bcd
LC6 (mo)	4,5 abc	LC4 (mo)	39,1 de	LC324 (pg)	20,9 bcd
LC75 (mo)	4,6 abc	LC146 (pg)	39,5 de	LC71 (ro)	21,2 bcd
LC145 (pg)	4,6 abc	LC189 (pg)	39,7 de	FMA174 (b)	21,3 bcd
LC178 (mo)	4,7 abc	LC73 (mo)	39,7 de	LC94 (pe)	21,5 bcd
LC201 (mo)	4,7 abc	LC183 (mo)	39,7 de	LC156 (po)	21,6 bcd
LC204 (pg)	4,7 abc	LC93 (ra)	39,9 de	LC201 (mo)	21,7 bcd
LC413 (t)	4,7 abc	LC33 (mo)	40,0 de	LC183 (mo)	21,9 bcd
FMA213 (pa)	4,8 abc	LC40 (mo)	40,4 de	LC154 (pg)	22,2 abcd
LC142 (pg)	4,8 abc	LC204 (pg)	40,8 de	LC75 (mo)	22,2 abcd
LC183 (mo)	4,8 abc	LC142 (pg)	40,9 de	LC152 (mo)	22,5 abcd
LC198 (pg)	4,8 abc	LC167 (pg)	40,9 de	LC69 (mo)	22,6 abcd
LC200 (mo)	4,8 abc	LC154 (pg)	41,0 de	LC189 (pg)	23,0 abcd
LC3 (pr)	4,8 abc	LC175 (mo)	41,0 de	LC150 (pg)	23,4 abcd
LC83 (pa)	4,8 abc	LC91 (mu)	41,2 de	LC198 (pg)	24,0 abcd
LC324 (pg)	4,9 abc	LC83 (pa)	41,2 de	LC83 (pa)	24,4 abcd
LC328 (pg)	4,9 abc	LC74 (ro)	41,5 cde	LC74 (ro)	24,5 abcd
LC93 (ra)	4,9 abc	LC6 (mo)	41,5 cde	LC40 (mo)	24,9 abcd
FMA105 (pg)	5,0 ab	LC324 (pg)	41,9 cde	LC175 (mo)	25,2 abcd
LC56 (mo)	5,0 ab	LC56 (mo)	42,0 cde	LC87 (ma)	25,4 abcd
LC199 (mo)	5,1 ab	LC104 (pg)	42,2 cde	LC167 (pg)	25,5 abcd
LC146 (pg)	5,1 ab	LC71 (ro)	42,4 cde	LC187 (mo)	25,5 abcd
LC69 (mo)	5,1 ab	LC161 (pg)	42,7 cde	LC146 (pg)	25,6 abcd
LC94 (pe)	5,1 ab	LC156 (po)	43,2 cde	LC104 (pg)	26,2 abcd
LC152 (mo)	5,2 ab	LC201 (mo)	43,4 cde	LC56 (mo)	26,3 abcd
LC156 (po)	5,2 ab	LC94 (pe)	44,0 cde	FMA213 (pa)	26,4 abcd

Taula 4 - Continuació.

LC150 (pg)	5,4 ab	LC143 (mo)	44,3 cde	LC3 (pr)	26,4 abcd
LC4 (mo)	5,4 ab	LC202 (pg)	44,3 cde	LC145 (pg)	26,5 abcd
LC187 (mo)	5,4 ab	LC178 (mo)	46,4 bcd	LC142 (pg)	26,9 abcd
LC162 (pg)	5,5 ab	LC328 (pg)	48,4 abc	LC178 (mo)	27,3 abc
LC202 (pg)	5,5 ab	LC112 (ro)	50,1 ab	LC202 (pg)	28,0 ab
LC104 (pg)	6,1 a	LC900 (mu)	52,1 a	LC73 (mo)	30,7 a
Sig.	<0.001	Sig.	<0.001	Sig.	<0.001

Al ser tots els valors de b^* positius considerem que tots els fruits presenten un color més groc que blau. El rang de variació per a aquest caràcter va de 18,6 a 31,7. El genotip amb el valor més baix de b és LC150 del tipus Pera de Girona i el més alt el LC93 del tipus Raf. Aquest caràcter no presenta diferències importants entre els genotips de les varietats Montserrat i Pera de Girona.

El rang de variació de Chroma va de 24,8 a 43,6. El genotip amb el valor més alt es FMA213 del tipus Palosanto i el del valor més baix LC324 del tipus Pera de Girona. Entre Montserrat i Pera de Girona existeix una petita diferència en la saturació, sent aquesta menor en els genotips de Montserrat.

La Hue, l'últim indicador del color que hem mesurat, pel nostre cas indicarem que 0° correspon a vermell i que 90° representa groc. El rang de variació observat per aquest caràcter va de 37° a 85° . El genotip amb el valor més baix és el LC87 del tipus Marmande i el més alt el LC201 del tipus Montserrat.

Cal aclarir que aquests resultats no volen dir que un fruit sigui d'un color o un altre de forma independent, per determinar de forma exacta el color s'ha de tenir en compte totes les variables relacionades amb el color. Per exemple, tal i com descriu Isern, (2017), la coloració vermella del fruit es defineix mitjançant el caràcter a i la relació dels caràcters a/b , presentant fruits més vermells els que presenten els valors d'aquests paràmetres més alts. Les varietats Montserrat i Pera de Girona són molt similars per a aquest caràcters.

Taula 5. Mitjanes del b , Chroma i Hue amb els consegüents grups de significació (indicats per lletres) segons el test SNK. A la part inferior de la taula es presenta la significació del factor genotip. Els tipus varietals són indicats mitjançant: Benach (b), Marmande (ma), Montserrat (mo), Muchamiel (mu), Palosanto (pa), Pebrot (pe), Penjar (pr), Pomodoro di sorrento (po), Pera de Girona (pg), Raf (ra), Rosa (ro) i Tres cantos (t).

Genotip	b	Genotip	Chroma	Genotip	Hue (°)
LC150 (pg)	18,6 f	FMA213 (pa)	24,8 h	LC87 (ma)	37,0 i
LC187 (mo)	18,9 f	LC900 (mu)	25,8 gh	LC83 (pa)	37,5 hi
LC152 (mo)	19,7 ef	LC143 (mo)	27,4 fgh	LC183 (mo)	37,9 ghi
LC143 (mo)	19,9 ef	LC83 (pa)	28,0 efgh	LC900 (mu)	39,2 fghi
LC183 (mo)	20,1 ef	LC3 (pr)	28,0 efgh	LC187 (mo)	39,3 fghi
LC74 (ro)	20,9 def	LC175 (mo)	28,1 efgh	LC56 (mo)	40,2 fghi
LC71 (ro)	21,1 cdef	LC145 (pg)	28,3 defgh	LC74 (ro)	40,4 fghi
LC83 (pa)	21,2 cdef	LC187 (mo)	28,7 defgh	LC94 (pe)	40,9 efghi
LC198 (pg)	21,4 bcdef	LC201 (mo)	28,8 defgh	LC75 (mo)	41,0 efghi
LC75 (mo)	21,5 bcdef	LC413 (t)	29,0 defgh	LC104 (pg)	41,2 efghi
LC33 (mo)	21,5 bcdef	LC156 (po)	29,2 defgh	LC145 (pg)	41,2 efghi
LC175 (mo)	21,7 bcdef	LC152 (mo)	29,5 defgh	LC161 (pg)	41,4 efghi
LC161 (pg)	21,8 bcdef	LC74 (ro)	29,6 defgh	LC198 (pg)	41,6 efghi
LC900 (mu)	22,0 bcdef	LC71 (ro)	29,6 defgh	LC178 (mo)	41,6 efghi
LC145 (pg)	22,1 bcdef	LC183 (mo)	29,8 defgh	LC91 (mu)	41,6 efghi

Taula 5 - Continuació.

LC413 (t)	22,1 bcdef	LC150 (pg)	30,4 cdefgh	LC3 (pr)	42,0 efghi
LC199 (mo)	22,3 bcdef	LC6 (mo)	30,5 cdefgh	LC69 (mo)	42,2 efghi
LC6 (mo)	22,5 bcdef	LC73 (mo)	31,0 bcdefgh	FMA213 (pa)	43,8 defghi
LC167 (pg)	22,9 bcdef	LC162 (pg)	31,0 bcdefgh	LC162 (pg)	44,0 cdefghi
LC204 (pg)	22,9 bcdef	LC167 (pg)	31,2 bcdefgh	LC6 (mo)	44,5 cdefghi
LC189 (pg)	23,0 bcdef	LC87 (ma)	31,9 bcdefgh	LC152 (mo)	44,6 cdefghi
LC104 (pg)	23,5 abcdef	LC33 (mo)	32,4 bcdefgh	LC324 (pg)	45,1 cdefghi
LC178 (mo)	23,7 abcdef	LC198 (pg)	32,4 bcdefgh	LC142 (pg)	45,2 cdefghi
LC154 (pg)	23,8 abcdef	LC199 (mo)	32,7 bcdefgh	LC150 (pg)	46,8 bcdefghi
FMA213 (pa)	24,0 abcdef	LC189 (pg)	33,0 bcdefgh	LC143 (mo)	47,2 bcdefghi
LC162 (pg)	24,3 abcdef	LC94 (pe)	33,0 bcdefgh	LC156 (po)	47,8 bcdefghi
LC200 (mu)	24,9 abcdef	LC69 (mo)	33,0 bcdefgh	FMA105 (pg)	48,5 bcdefghi
LC201 (mo)	25,0 abcdef	LC56 (mo)	33,5 bcdefgh	LC202 (pg)	48,6 bcdefghi
LC69 (mo)	25,1 abcdef	LC161 (pg)	33,6 bcdefgh	LC154 (pg)	49,2 bcdefghi
LC87 (ma)	25,3 abcdef	LC91 (mu)	34,3 abcdefgh	LC146 (pg)	49,5 bcdefghi
FMA105 (pg)	25,6 abcdef	FMA174 (b)	35,4 abcdefg	LC112 (ro)	49,6 bcdefghi
LC3 (pr)	25,6 abcdef	LC178 (mo)	35,5 abcdefg	LC413 (t)	50,0 bcdefghi
LC324 (pg)	26,3 abcdef	LC204 (pg)	35,7 abcdefg	LC33 (mo)	50,1 bcdefghi
LC202 (pg)	27,0 abcdef	LC328 (pg)	36,1 abcdef	LC204 (pg)	50,6 bcdefghi
LC40 (mo)	27,2 abcdef	LC4 (mo)	36,4 abcdef	LC175 (mo)	51,9 bcdefghi
LC146 (pg)	27,3 abcdef	LC104 (pg)	36,4 abcdef	LC328 (pg)	52,3 bcdefgh
LC91 (mu)	27,3 abcdef	LC75 (mo)	37,1 abcdef	LC71 (ro)	52,7 bcdefg
LC56 (mo)	28,0 abcde	LC142 (pg)	37,7 abcdef	LC189 (pg)	52,7 bcdefg
LC94 (pe)	28,2 abcde	LC146 (pg)	37,9 abcde	LC199 (mo)	53,1 bcdef
LC73 (mo)	28,2 abcde	FMA105 (pg)	38,5 abcd	LC73 (mo)	53,4 bcdef
LC112 (ro)	28,3 abcde	LC200 (mo)	39,9 abc	FMA174 (b)	54,4 bcdef
LC328 (pg)	29,2 abcd	LC202 (pg)	40,0 abc	LC167 (pg)	55,9 bcde
FMA174 (b)	29,8 abcd	LC40 (mo)	40,2 abc	LC4 (mo)	57,0 bcd
LC156 (po)	30,1 abc	LC154 (pg)	40,7 ab	LC200 (mo)	57,3 bcd
LC142 (pg)	30,1 abc	LC112 (ro)	41,0 ab	LC40 (mo)	58,4 bc
LC4 (mo)	30,4 ab	LC93 (ra)	43,3 a	LC93 (ra)	60,1 B
LC93 (ra)	31,7 a	LC324 (pg)	43,6 a	LC201 (mo)	85,2 a
Sig.	<0.001	Sig.	<0.001	Sig.	<0.001

Si observem totes les dades trobem que per gairebé tots els caràcters les diferències són significatives, tot i així si comparem les mitjanes dels diferents genotips veurem que són escassament diferents. Aquest fet ens indica que els valors de cada genotip en les tres mostres a partir de les quals s'han calculat aquestes, presentaven una elevada desviació. En resum, els fruits de les varietats tradicionals estudiades en aquest treball presentarien, en general, una gran heterogeneïtat dins del genotip.

4.2. Anàlisi del coeficient de correlació de Pearson dels caràcters quantitatius

El coeficient de correlació de Pearson ens dóna informació sobre la correlació existent entre dos caràcters (Taula 6).

Els caràcters que manifesten una correlació més significativa ($p < 0.01$) són pes i número de lòculs, L^* i a^* , Chroma i fermesa, i Chroma i b^* . Cal tenir en compte que Chroma és un derivat d' a i b ($\text{Chroma} = (a^2 + b^2)^{0.5}$).

Existeix una correlació positiva significativa entre el pes i el número de lòculs. El coeficient de

correlació és superior a 0,5 de manera que podem afirmar que és forta. La correlació és positiva, és a dir, a major pes, més nombre de lòculs, com és d'esperar. També s'observa una correlació positiva entre la Chroma i b^* , indicant que a més saturació més coloració groguenca presentarà un fruit. En canvi la correlació entre a^* i L^* és negativa, el que indica que a més lluminós sigui un fruit menys coloració vermella presentarà. De la mateixa manera ocorre amb Chroma i la fermesa, indicant que a més ferm sigui un fruit menys saturat serà el color del fruit.

S'observa una tendència a la correlació positiva entre L^* i número de lòculs, L^* i fermesa, Chroma i número de lòculs, i per últim, entre la Hue i b^* . Per tant si un fruit presenta un valor alt en algun d'aquests caràcters també el presentarà en l'altre.

En canvi, les relacions entre a^* i número de lòculs, i per últim entre SSC i fermesa presenten la tendència a una correlació negativa. Aquesta última ens dona una informació important. Com hem mencionat abans, els sòlids solubles estan molt relacionats amb el sabor dolç del tomàquet i amb el valor obtingut es pot afirmar que existeix una tendència a la correlació positiva entre la fermesa d'un tomàquet i la seva dolçor.

Taula 6. Coeficient de Pearson entre els caràcters quantitius avaluats. El nivell de significació s'indica mitjançant asteriscs. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

	Lòculs	Fermesa	L	a	b	Chroma	Hue	SSC
<i>Pes (g)</i>	,556**	0,013	0,286	-0,278	-0,093	0,069	0,123	-0,105
<i>Lòculs</i>		-0,158	,303*	-,339*	0,150	,330*	-0,018	-0,188
<i>Fermesa</i>			,303*	-0,085	-0,142	-,375**	-0,090	-,357*
<i>L</i>				-,436**	0,167	0,051	-0,003	-0,156
<i>A</i>					0,084	0,041	-0,042	0,128
<i>B</i>						,544**	,300*	0,092
<i>Chroma</i>							0,210	0,194
<i>Hue</i>								-0,125

4.3. Caràcters qualitius relacionats amb l'arquitectura de la planta

En relació a l'arquitectura de la planta no s'observa variabilitat pel que fa al tipus de creixement, essent tots els genotips de tipus indeterminat. Referent a la distància entre inflorescències, s'observen només els nivells "distància intermèdia" i "distància elevada", no existint genotips amb una "distància baixa" (Fig. 4). El tomàquet Montserrat es caracteritza per presentar una distància elevada entre inflorescències (76,5% de les entrades), mentre que el Pera de Girona presenta per igual genotips amb distàncies elevades (50%) i intermèdies (50%).

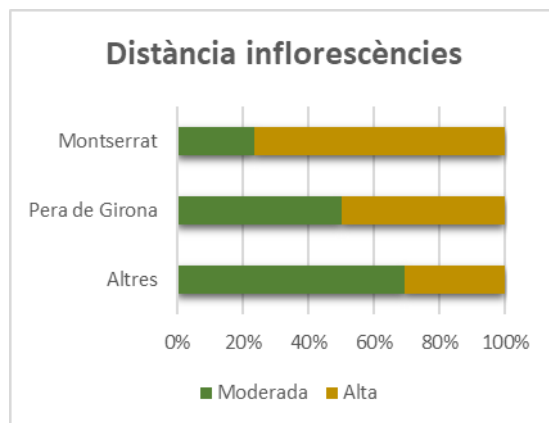


Figura 4. Gràfica on es presenten les freqüències del caràcter "Distància entre inflorescències".

4.4. Caràcters qualitius referents a la inflorescència

Referent al tipus d'inflorescència no s'observa cap genotip amb descriptor “espina de peix” i “compost”, essent caràcters no presents a la col·lecció (Fig. 5).

La varietat Montserrat i Pera de Girona presenten una tendència a l'organització de les inflorescències “irregular” i “molt irregular”, amb freqüències del 59% i del 12% per Montserrat i 56% i 38% per Pera de Girona respectivament, mentre que l'agrupació de les restants varietats presenta genotips amb organització d'inflorescències “regular” (50%) i “irregular” (50%) (Fig. 6, A).

Encara que Pera de Girona presenta organitzacions més irregulars, les diferències no ens permetran diferenciar les dues varietats (Montserrat i Pera de Girona) segons aquest caràcter.

Referent al caràcter creixement vegetatiu de la inflorescència (Fig. 6, B) s'observa que la major part dels genotips presenten un “creixement vigorós”. Montserrat i Pera de Girona es caracteritzen per presentar un “creixement vigorós”, amb un percentatge de genotips que presenten aquesta característica de 65% i 81%, respectivament. La resta de varietats presenten el major percentatge de genotips sense creixement de la inflorescència (43%).

La varietat Montserrat, en referencia a la posició de l'estil (Fig. 6, C), presenta genotips amb estils al mateix nivell que els estams (50%) i exserts (50%). Mentre que Pera de Girona i els genotips restants presenten freqüències semblants, destacant que en els restants genotips s'observa una lleugera major freqüència per la posició de l'estil al mateix nivell.



Figura 5. Exemple de l'organització de les inflorescències.

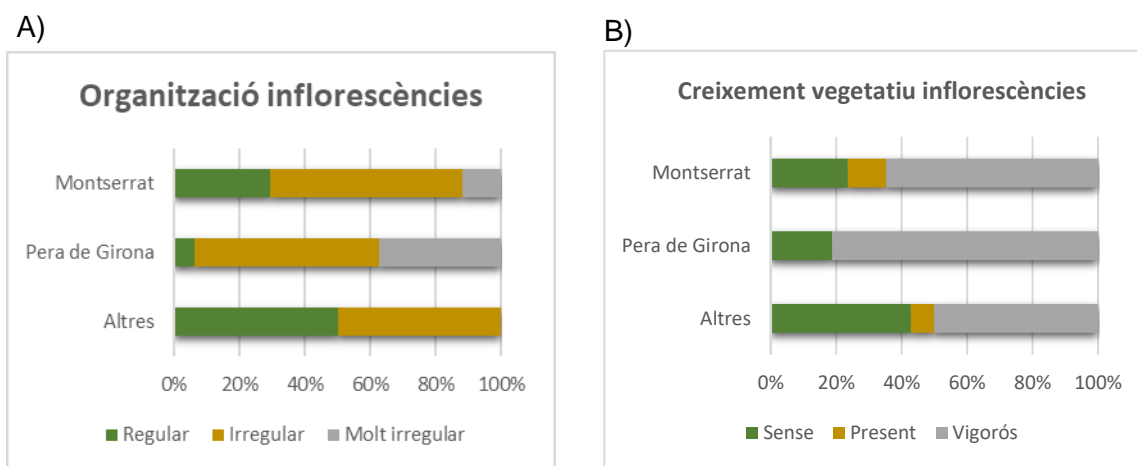


Figura 6. Conjunt de gràfiques on es presenten les freqüències dels caràcters referents a la inflorescència. A) Organització de les inflorescències, B) Creixement vegetatiu, C) Posició de l'estil.

C)

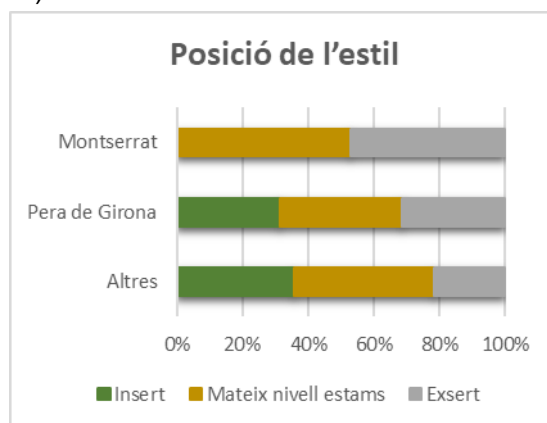


Figura 6 - Continuació. Conjunt de gràfiques on es presenten les freqüències dels caràcters referents a la inflorescència. A) Organització de les inflorescències, B) Creixement vegetatiu, C) Posició de l'estil.

4.5. Caràcters qualitatius referents al fruit

A partir de les dades obtingudes en aquest estudi, podem observar que la forma del fruit (Fig. 8, A) és el caràcter amb major variabilitat inter-varietal. Una possible explicació d'aquesta gran variabilitat és la importància de la forma per determinar la varietat. Podem doncs afirmar que el tomàquet de Montserrat es caracteritza per una forma aplanada, el de Pera de Girona per una forma rectangular i entre els genotips que formen el grup Altres s'observen tantes formes del fruit com varietats es tinguin (Casals, 2011).

El caràcter forma del fruit és un dels que més homogeneïtat presenta a nivell intra-varietal. En el tomàquet Montserrat observem com la majoria de genotips presenten la forma típica de la varietat (plana, 88%), existint alguns genotips amb forma de cor i rodona, que segurament són fora tipus de la varietat. De la mateixa manera, en Pera de Girona s'observa com, majoritàriament, els genotips presenten la forma típica de la varietat (rectangular, 44%). En Altres es mostra la major diversitat doncs es tracta de diferents varietats. Les varietats Muchamiel, Pomodoro di Sorrento i



Figura 7. Tomàquet del tipus Pebrot.

Palosanto presenten formes rodones mentre que Raf, Rosa, Tres cantos i Benach presenten formes planes. Per últim en la varietat Pebrot es va utilitzar el descriptor rectangular tot i que correspon a una forma de pebrot, molt característica de la varietat (Fig. 7). Els agricultors utilitzen, principalment, la forma del fruit per diferenciar les varietats al camp (Termes, 2016) però aquest criteri, utilitzat de forma independent, no ens aporta suficient informació com per diferenciar totes les varietats.

En relació a la mida del fruit (Fig. 8, B) la major part dels genotips estudiats presentaven una mida intermèdia, existint només alguns casos amb una mida del fruit similar al tomàquet de Penjar (<60 g) (6% casos en Montserrat, 14% casos en Altres). Tot i que les varietats tradicionals tendeixen a presentar un alt grau de variació per aquest caràcter (Figàs et al.,

2015), aquests resultats són normals si tenim present que l'estudi es va fer de varietats del tipus, majoritàriament, d'amanida, les quals tendeixen a presentar una mida intermèdia.

El tipus varietal Montserrat presenta la major quantitat de genotips amb homogeneïtat baixa entre les mides dels fruits (47%), mentre que els genotips estudiats de Penjar, Muchamiel, Raf, Tres cantos, Benach i Palosanto presenten una homogeneïtat alta (Fig. 8, C). Per altra banda, la varietat Pera de Girona presenta freqüències de genotips amb "homogeneïtat alta" semblant a la varietat Montserrat (38% i 35% respectivament), però presenta una freqüència de genotips amb "homogeneïtat moderada" molt superior (38% Pera de Girona i 18% Montserrat).

Referent al color extern totes les varietats (Fig. 8, D) presenten colors vermells i rosa, el que impedeix diferenciar les varietats segons aquest caràcter, tal i com passa en el treball de Termes (2017). Aquest fet es deu, probablement, a les preferències locals per aquestes coloracions, tal i com també observa Figàs et al., (2015). Les varietats Montserrat i Pera de Girona presenten freqüències més altes pels genotips de color rosa. Tot i no poder diferenciar totes les varietats, els genotips de la varietat Rosa presenten tots una coloració de color rosa, característica de la varietat, i Pomodoro di Sorrento (LC156) presenta l'única coloració taronja de tota la col·lecció, el que semblaria més un forà de la col·lecció que una característica diferenciadora de la varietat donat que normalment aquesta varietat presenta tonalitats roses (Mazzucato et al., 2010). Per últim, l'altre genotip que presenta una coloració diferent a tota la resta (coloració groguenca) és un del tipus Muchamiel (LC900).

L'espallla dels tomàquets tradicionals manté tonalitats verdes més fosques que la resta del fruit, aquesta és una característica que no es troba a les varietats millorades, que han estat seleccionades per presentar el fruit d'una coloració homogènia (Termes, 2017). Aquest coll verd (Fig. 8, E) pot ser més pronunciat (d'un verd més fosc) o més suau (d'un verd més clar). Tots els genotips de la col·lecció presenten un coll verd suau a excepció de dos genotips, Palosanto (LC83) i un de Pera de Girona (FMA105), que presenten una maduració uniforme del fruit.

Majoritàriament, els genotips que han estat estudiats pertanyen a varietats típiques de tomàquets d'amanir i, en molts caos, els lòculs són buits. Els genotips dels tipus Montserrat i Pera de Girona presenten buidor a la cavitat locular (Fig. 8, F), a excepció de tres genotips (LC73, LC162 i LC199). En canvi, les varietats Penjar, Rosa, Palosanto, Marmande, Muchamiel, Raf i Benach presenten el fruit ple.

Els genotips de la varietat Montserrat tendeixen a una fermesa baixa (65%), a més, els genotips de les varietats Penjar, Marmande, Raf, Pebrot i Tres cantos presenten tots fermeses suaus. En Rosa i Palosanto existeixen tant genotips amb fermeses moderades com suaus. Pera de Girona presenta genotips amb fermeses de tots tipus mentre que els genotips de Muchamiel i Pomodoro di Sorrento són tots fermes.

En relació a la fasciació, Montserrat i Pera de Girona presenten fasciació normal a excepció de dos genotips de Montserrat que presenten una alta fasciació (LC40 i LC183) i un genotip de Pera de Girona (LC104) que no presenta fasciació. En canvi, en les varietats restants existeixen més genotips sense fasciació, essent els únics genotips que presenten fasciació de les varietats Rosa (LC71 i LC112) i Pebrot (LC94).

Un caràcter important que relaciona la quantitat de flors produïdes per la planta i les flors on s'ha produït la fecundació i per tant on es formarà un fruit és el quallat. Aquest caràcter mostra en la varietat Montserrat un "quallat escàs" en la majoria de genotips (71%) a excepció de 4 genotips que presenten un "quallat moderat" i un que presenta un "quallat alt", el qual sembla més un forà de la varietat (LC73). Pera de Girona presenta tant genotips amb quallat escàs (50%) com moderat (50%). La majoria de genotips restants mostren quallats moderats a excepció de Rosa que presenta genotips amb un quallat escàs i alt i, per altra banda, Pomodoro di Sorrento amb un genotip amb quallat escàs i un genotip de Palosanto amb un quallat alt. Aquest caràcter és molt important, doncs determina el rendiment de la varietat.

Pràcticament tots els genotips de la col·lecció presenten una forma de l'espalla depressiva (Fig. 8, J). Únicament es troben dos excepcions que presenten espalla plana, un genotip de Pera de Girona (LC146) un altre de Rosa (LC74).

La varietat Montserrat sembla ser la que presenta majors diferències amb la resta de varietats, caracteritzant-se per la posició de l'estil (mai insert), la forma del fruit (majoritàriament plana) i la fasciació (present en tots els genotips).

La principal diferència entre Montserrat i Pera de Girona és la forma del fruit, fet que es veu recolzat pel treball (Casals et al., 2011). Al igual que ocorre en aquest treball, existeix una important heterogeneïtat dintre d'una mateixa varietat que fa que diferenciar-les entre elles sigui difícil, donat que en molts casos els límits entre varietats no són clars (Figàs et al., 2015). Probablement, la causa és el recurrent intercanvi de llavors entre agricultors, que ha produït una pèrdua de les diferències a excepció de la forma del fruit (Termes, 2016).

A l'igual del que ocorre en (Termes, 2016) cap caràcter es capaç de diferenciar per si sol totes les varietats.

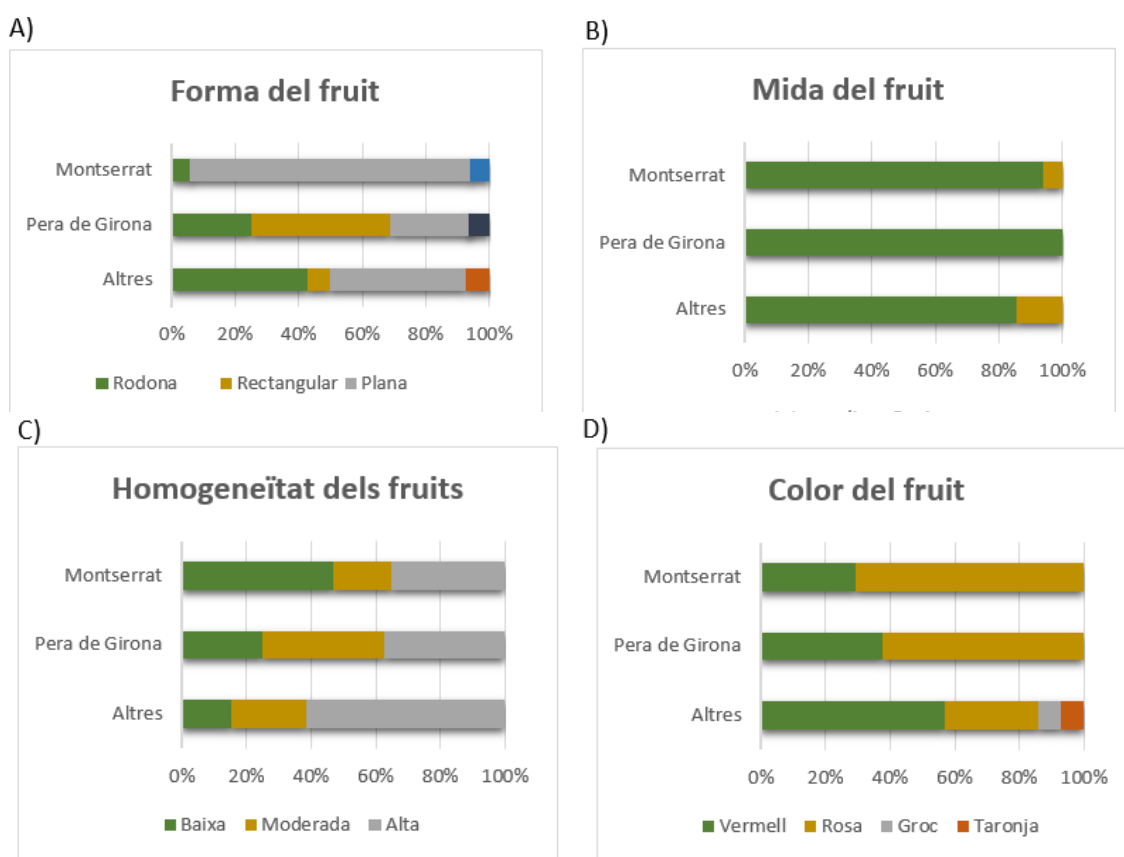


Figura 8. Conjunt de gràfiques on es presenten les freqüències dels caràcters referents al fruit. A)Forma, B)Mida, C)Homogeneïtat, D)Color, E)Espalla verda, F)Estat dels lòculs, G)Fermesa, H)Fasciació, I)Quallat, J)Forma de l'espalla.

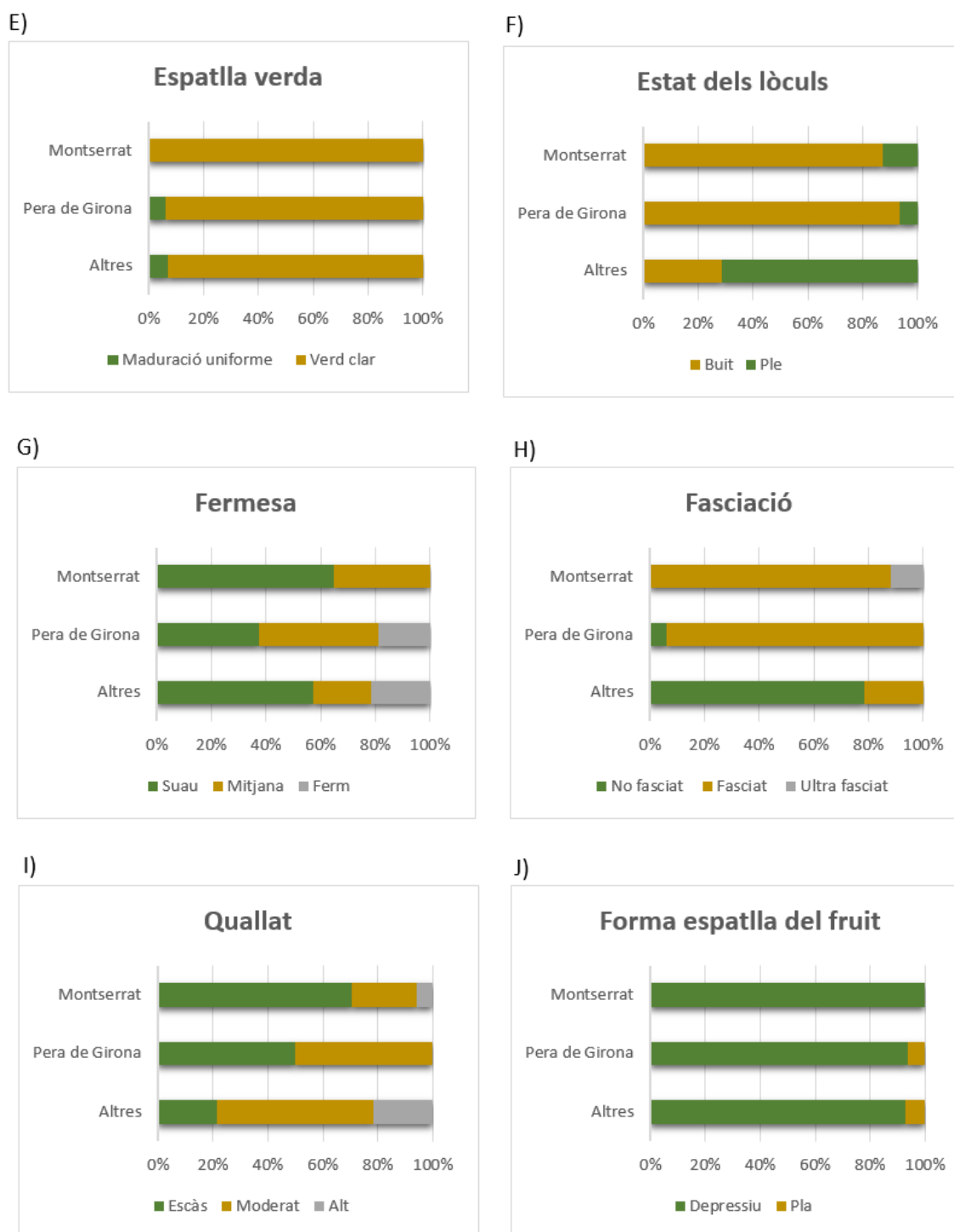


Figura 8 - Continuació. Conjunt de gràfiques on es presenten les freqüències dels caràcters referents al fruit. A) Forma, B) Mida, C) Homogeneïtat, D) Color, E) Espatlla verda, F) Estat dels lòculs, G) Fermesa, H) Fasciació, I) Quallat, J) Forma de l'espatlla.

4.6. Anàlisi multivariant de variables quantitatives

L'anàlisi multivariant (Fig. 9) ha permès realitzar un estudi conjunt de totes les variables quantitatives. En relació a l'agrupació de les variables, observem que les podem classificar en 4 grans grups en funció de com classifiquen les varietats. El primer grup està format pel pes i el núm de lòculs, el segon per la fermesa i la L^* , el tercer per la a^* i els sòlids solubles i

el quart per Hue, b* i Chroma. En relació a les varietats, aquesta anàlisi no mostra un grau de similitud que es correspongui amb la classificació per tipus varietals. Com es pot observar les varietats se separen en dos clústers, cadascun d'ells contenint genotips dels tipus Montserrat, Pera de Girona i de les altres varietats. Per tant, les dades quantitatives no permeten una bona classificació dels materials, essent la caracterització mitjançant descriptors qualitius molt més eficient.

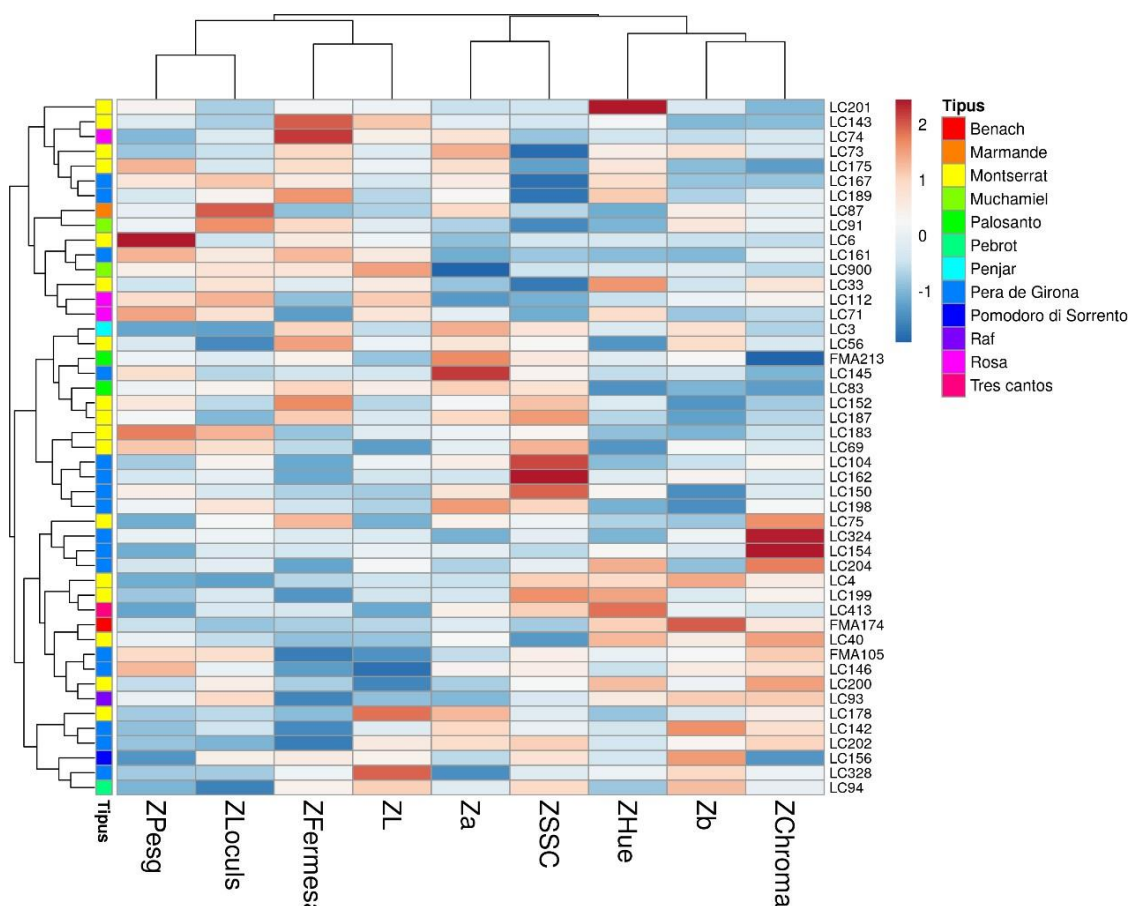


Figura 9. Cluster jeràrquic expressat en forma de mapa de calor, calculat emprant els caràcters quantitius.

4.7. Anàlisi multivariant de variables qualitatives

L'anàlisi multivariant (Fig. 10) ha permès realitzar un estudi conjunt de totes les variables qualitatives. L'anàlisi mostra, com hem vist abans, caràcters absents a la col·lecció (verd intens pel tipus d'espalla del fruit, la mida gran i cherry del fruit, la forma de cor del fruit, l'organització compost i espina de peix de les inflorescències i els tipus de creixement determinat i semideterminat), d'altres amb poca variació (tipus de creixement, espalla de color verd clar, mida intermèdia, forma de l'espalla depressiva) i d'altres amb major diversitat.

En relació a l'agrupació de les variables, observem que les podem classificar en 4 grans grups. S'observen dos clústers on el primer conté els descriptors que majoritàriament presenten totes les varietats mentre que el segon presenta les que presenten de forma minoritària. Aquest segon clúster està repartit entre dos grups, els quals trobem un més a l'esquerra i l'altre a l'extrem dret. També es poden observar, no incloses en cap d'aquests dos clústers, la gran part dels descriptors que no són presents a cap varietat. Els descriptors que presenten un grau de similitud més alt són el tipus de creixement indeterminat i la forma de l'espalla depressiva, que són els dos que estan presents a gairebé tots els genotips. Per contra, els

altres dos caràcters que més grau de similitud presenten són la mida del fruit gran, no present a cap genotip, i la distància entre inflorescències baixa present només a un genotip del tipus Rosa.

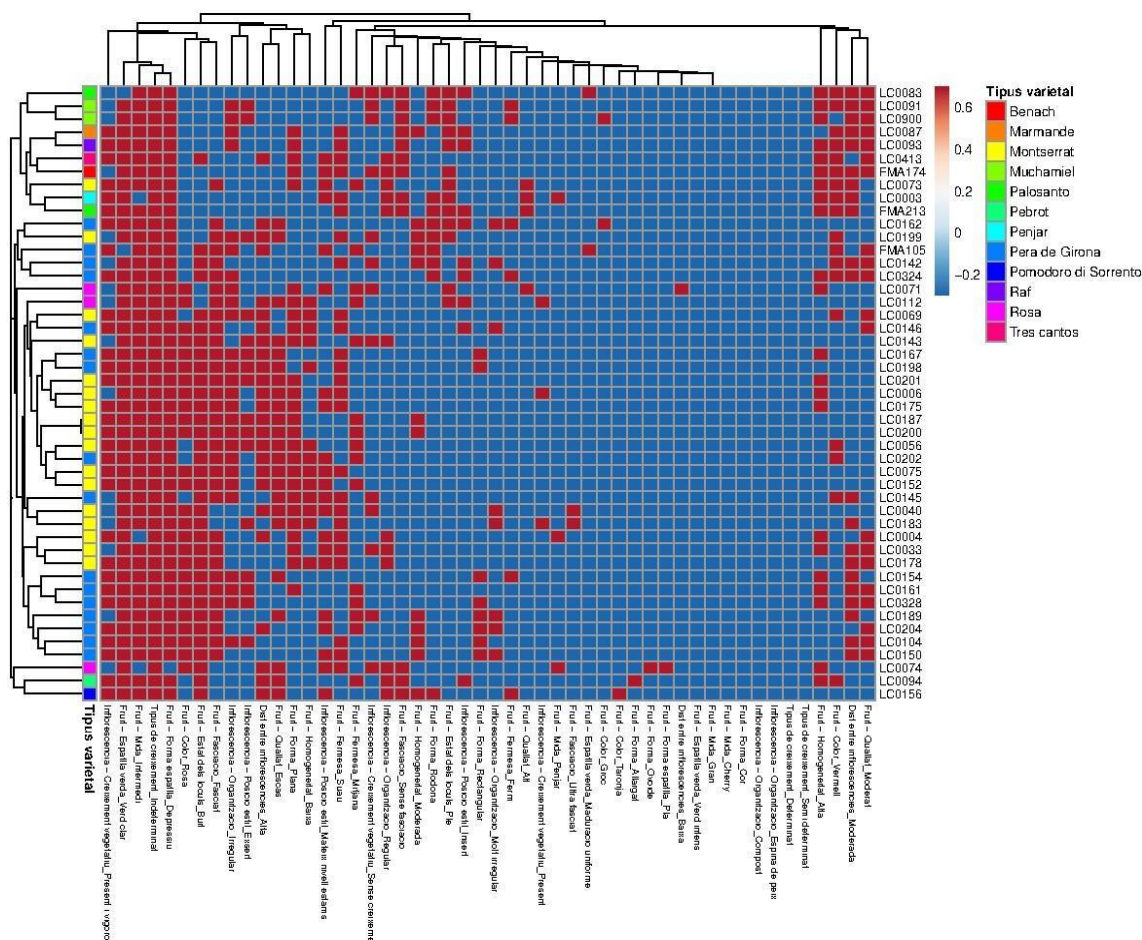


Figura 10. Clúster jeràrquic expressat en forma de mapa de calor, calculat emprant els caràcters qualitatius.

En relació a les varietats, segons el grau de similitud, existeixen dos grans clústers. El primer, format per varietats amb pocs genotips com Benach, Marmande, Palosanto, Penjar, Tres cantos, Raf, Muchamiel i un genotip de Montserrat, i el segon format majoritàriament per genotips del tipus Montserrat i Pera de Girona i de forma minoritària Rosa, Pebrot i Pomodoro di Sorrento. Els genotips del tipus Rosa, Pebrot i Pomodoro di Sorrento presenten més grau de similitud entre ells que no pas amb els genotips del tipus Montserrat i Pera de Girona, els quals a la vegada presenten un grau de similitud alt entre ells. Utilitzant l'estudi d'aquests caràcters la diferenciació de Montserrat i Pera de Girona de la resta de genotips és possible per la clara separació, a excepció del LC73 que, recolzant-nos en l'anàlisi de les freqüències, correspon a un forà tipus de la varietat Montserrat. La diferenciació d'aquestes dues varietats sembla ser que vindrà donada pel caràcter forma del fruit, tal com ja senyala Casals (2011). De forma més específica, els genotips que presenten un grau de similitud més alt són LC187 i LC200, els dos de tipus Pera de Girona. Presenten exactament els mateixos descriptors, fet que podria indicar de que es tracta de duplicats a la col·lecció.

Els genotips LC87 i LC93 mostren un grau de similitud alt tenint en compte que provenen de varietats diferents, Marmande i Raf respectivament. Presenten diferències per a només un caràcter, l'homogeneïtat del fruit.

4.8. Comparativa entre els dos mètodes de classificació

Els descriptors quantitius no són uns bons indicadors per separar les varietats entre elles però, si més no, són bons indicadors a l'hora d'escollir un genotip segons les necessitats de l'agricultor. És a dir, ens permetran recomanar un genotip o un altre segons si el agricultor està més interessat en genotips més fermes o amb més pes, per exemple. De tota manera, igual que és comenta a Casals et al., (2011), els descriptors més utilitzats per diferenciar les varietats tradicionals són els qualitius referents al fruit. De forma que són els descriptors qualitius els que ens aporten més informació en relació a la varietat.

Els descriptors utilitzats en aquest treball són prou informatius com per distingir algunes de les varietats estudiades, però no totes. Tal com diu Ezekiel et al., (2011), tot i que la caracterització morfològica aporta informació de valor sobre les varietats, aquesta identificació presenta limitacions a l'hora de diferenciar totes les varietats. Aquesta mateixa idea es reforça a Figàs et al., (2015) els quals indiquen que la precisió per distingir varietats properes és molt alta i no és suficient utilitzar només aquesta caracterització, tot i ser essencial per poder conservar-les i registrar-les.

4.9. Regeneració de llavor

Com a resultat de l'extracció, s'ha obtingut un mínim de 10 g de llavor per genotip, el que garantiria la conservació de les varietats tractades en un període de 10-15 anys.

5. Conclusions

En aquest treball s'han estudiat 47 línies pures tradicionals (genotips), pertanyents a les varietats Montserrat i Pera de Girona i altres varietats catalanes, a partir d'una caracterització morfoagronòmica i físico-química. Gràcies a aquest estudi s'han millorat les dades de passaport de les entrades del banc de germoplasma FMA-UPC.

El treball ha permès regenerar el material vegetal de les 47 entrades, aconseguint un mínim de 10g de llavor per cada entrada. Aquest resultat és important, doncs garanteix la conservació de les varietats tractades en un període de 10-15 anys.

Amb els resultats obtinguts podem afirmar que:

1. Els descriptors qualitius aporten una informació més eficient que els quantitius a l'hora de classificar les varietats en tipus varietals.
2. Les varietats Montserrat i Pera de Girona mostren un alt grau de similitud.
3. La forma del fruit és el caràcter amb major variabilitat entre varietats de l'estudi.
4. Els caràcters físico-químics no ens permeten una bona classificació de les varietats, però aporten informació útil per seleccionar genotips superiors per determinats caràcters. Aquesta informació pot ser d'interès pels agricultors per seleccionar materials que s'adaptin als seus requeriments agrocomercials.
5. S'han observat nombroses correlacions entre caràcters, les més destacades la correlació negativa entre fermesa i sòlids solubles ($r=-0,357$, $p<0.01$) o positiva entre el pes del fruit i el número de lòculs ($r=0,556$, $p<0,05$).

6. Referències

- Consell Comarcal del Baix Empordà. Adreces d'interès - Espai per a professionals agroalimentaris i gastronòmics. (n.d.). Retrieved May 17, 2020, from https://www.baixemporda.cat/cuinadelemporda/ca/adreces_dinteres.html
- Al-Turki, T. A., Baskin, C. C. (2017). Determination of seed viability of eight wild Saudi Arabian species by germination and X-ray tests. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(4), 822–829. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.06.009>
- Amargant, M. (2017). Caracterització agronòmica, química i sensorial d'una col·lecció de línies tradicionals de tomàquet i els seus respectius híbrids amb un material d'elit. Treball final de grau, Universitat Politècnica de Catalunya. 52.
- Bai, Y., Lindhout, P (2017). Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
- Bernal, M. J. (2014). Efecte de l'empelt cv. Beaufort sobre el comportament agronòmic i la qualitat organolèptica del tomàquet (*Solanum lycopersicum* L.). Treball final de grau, Universitat Politècnica de Catalunya. 42.
- Carravedo, M. (2006). Variedades autóctonas de tomates de Aragón. Ed. Centro de Investigación de Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CTTA) - Gobierno de Aragón, Zaragoza. 240.
- Carravedo, M., Ruiz De Galarreta, J. I. (2005). Variedades autóctonas de tomate del país vasco (Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco (ed.); 1a edición).
- Casals, J., Pascual, L., Cañizares, J., Cebolla-Cornejo, J., Casañas, F., Nuez, F. (2012). Genetic basis of long shelf life and variability into Penjar tomato. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(2), 219–229. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9677-6>
- Casals, J., Pascual, L., Cañizares, J., Cebolla-Cornejo, J., Casañas, F., Nuez, F. (2011). The risks of success in quality vegetable markets: Possible genetic erosion in Marmande tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) and consumer dissatisfaction. *Scientia Horticulturae*, 130(1), 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.06.013>
- Casals, J. (2012). Filogènia i variabilitat genètica de les varietats tradicionals de tomàquet (*Solanum lycopersicum* L.) Montserrat/Pera de Girona i Penjar: estratègies per a la millora de la seva qualitat organolèptica. Tesi doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. 95.
- Cubero, J. I. (2003). Introducción a la mejora genética vegetal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 602.
- Daniel, I. O., Adabale, O. W., Adeboye, K. A., Aladele, E. S., Oduoye, O. T., Adetumbi, J. A., Boerner, A. (2014). Evaluation of genetic integrity of tomato seeds during ageing by microsatellite markers. *Nigerian Journal of Genetics*, 28(2), 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.nigjg.2015.09.001>
- Esquinas-Alcázar, J. (2005). Protecting crop genetic diversity for food security: Political, ethical and technical challenges. *Nature Reviews Genetics*, 6:1. <https://doi.org/10.1038/nrg1729>
- Ezekiel, C. N., Nwangburuka, C., Ajibade, O. Odebode, C. A. (2011). Genetic diversity in 14 tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties in Nigerian markets by RAPD-PCR technique. *African Journal of Biotechnology*, 10(25), 4961–4967.

<https://doi.org/10.5897/AJB11.144>

FAO. (2010). Los recursos fitogenéticos o se utilizan o se pierden. Accés: www.fao.org/nr/cgrfa (darrer accés 24/05/2020).

FAOSTAT. (n.d.). Estadísticas de productos agrícolas. Accés: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (darrer accés 18/04/2020).

Figàs, M. R., Prohens, J., Raigón, M. D., Fernández-de-Córdova, P., Fita, A., Soler, S. (2015). Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using conventional descriptors and the high-throughput phenomics tool Tomato Analyzer. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 62(2), 189–204. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0142-1>

Gairola, S., Shabana, H. A., Mahmoud, T., El-Keblawy, A., Santo, A. (2019). Evaluating germinability of eight desert halophytes under long-term seed storage: Implications for conservation. *Plant Diversity*, 41(4), 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2019.07.002>

Godefroid, S., van de Vyver, A., Vanderborght, T. (2010). Germination capacity and viability of threatened species collections in seed banks. *Biodiversity and Conservation*, 19(5), 1365–1383. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9767-3>

Hodgkin, T., Rao, V. R., Cibrian-Jaramillo, A., Gaiji, S. (2003). The use of ex situ conserved plant genetic resources. *Plant Genetic Resources*, 1(1), 19–29. <https://doi.org/10.1079/pgr200313>

Isern, H. (2017). Efecte de la dosi de reg sobre l'evolució de la composició química durant 6 mesos de postcollita en varietats tradicionals de tomàquet europees de llarga vida (Penjar, Da Serbo, Ramallet). Treball final de grau, Universitat Politècnica de Catalunya. 41.

Lachat, C., Raneri, J. E., Smith, K. W., Kolsteren, P., Van Damme, P., Verzelen, K., Penafiel, D., Vanhove, W., Kennedy, G., Hunter, D., Odhiambo, F. O., Ntandou- Bouzitou, G., De Baets, B., Ratnasekera, D., Ky, H. T., Remans, R., Termote, C. (2018). Dietary species richness as a measure of food biodiversity and nutritional quality of diets. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(1), 127–132. <https://doi.org/10.1073/pnas.1709194115>

Maxim, A., Sandor, M., Bolboacă, V., Odagiu, A., Mihalescu, L., Maxim, I. O. (2012). Romanian Landraces of Tomatoes. *Bulletin UASVM Agriculture*, 69(2). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Mazzucato, A., Ficcadenti, N., Caioni, M., Mosconi, P., Piccinini, E., Reddy Sanampudi, V. R., Sestili, S., Ferrari, V. (2010). Genetic diversity and distinctiveness in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces: The Italian case study of “A pera Abruzzese.” *Scientia Horticulturae*, 125(1), 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.02.021>

Barber, M. (2016). Efecte de l'aplicació de polsos lumínics sobre compostos antioxidants del tomàquet. Treball final de grau, Universitat de Lleida. 54.

Nuez, F. (1995). El cultivo del tomate. Ed Mundi-Prensa, Madrid. 793.

Nuez, F., Díez, M. J., Picó, B., Fernández de Córdova, P. (1996). Catálogo de semillas de tomate. Ed. UPV, València. 177.

Rocchi, L., Paolotti, L., Cortina, C., Boggia, A. (2016). Conservation of landrace: the key role of the value for agrobiodiversity conservation. An application on ancient tomatoes

varieties. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 307–316.
<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.025>

Sinício, R., Lopes, J. F., Silva, D. J. H., Mattedi, A. P. (2009). Longevity equation for tomato seeds. *Seed Science and Technology*, 37(3), 667–675.
<https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.3.14>

Termes, B. (2016). Estudi de les varietats tradicionals de tomàquet (*Solanum lycopersicum* L.) Benach, De la Creu, Palosanto, Poma, Pometa i Tres Cantos. Treball final de grau, Universitat Politècnica de Catalunya. 45.

Terzopoulos, P. J., Bebeli, P. J. (2010). Phenotypic diversity in Greek tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces. *Scientia Horticulturae*, 126(2), 138–144.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.022>